

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО
ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ**

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА та природокористування

Збірник наукових праць

ВИПУСК 3

Київ – 2009

УДК 502; 338

ББК 20.Ія43

Е 45

Редакційна колегія

Головні редактори

- **Волошкіна О.С.**, *д-р техн. наук, проф.*
- **Трофимчук О.М.**, *д-р техн. наук, проф.*

Відповідальний секретар

- **Клімова І.В.**, *канд. техн. наук, доц.*

Члени колегії:

- Білявський Г.О.**, *д-р геол.-мін. наук, проф.*
- Биченок М.М.**, *д-р техн. наук*
- Вижва С.А.**, *д-р геол. наук, проф.*
- Довгий С.О.**, *д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАНУ*
- Заграй Я.М.**, *д-р хім. наук, проф.*
- Калош Ю.І.**, *д-р техн. наук, проф.*
- Качинський А.Б.**, *д-р техн. наук, проф.*
- Коржнев М.М.**, *д-р геол.-мін. наук, проф.*
- Малкін Е.С.**, *д-р техн. наук, проф.*
- Олійник О.Я.**, *д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ*
- Павлишин В.І.**, *д-р геол.-мін. наук, проф.*
- Прокопчук І.Т.**, *д-р техн. наук, проф.*
- Рібаков Л.О.**, *д-р техн. наук*
- Соботович Є.В.**, *д-р геол.-мін. наук, проф., акад. НАНУ*
- Терновцев В.О.**, *д-р техн. наук, проф.*
- Трофімович В.В.**, *канд. техн. наук, проф.*
- Тугай А.М.**, *д-р техн. наук, проф.*
- Удод В.М.**, *д-р біол. наук, проф.*
- Шнюков С.Є.**, *д-р геол. наук, проф.*
- Яковлев Є.О.**, *д-р техн. наук*

Рекомендовано до друку Вченою радою
Київського національного університету будівництва і архітектури
(протокол № 44 від 29 травня 2008 р.)

Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол.: О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2009. – Вип. 3. – 168 с.: іл. – Бібліогр. в кінці ст.

УДК 502; 338

ББК 20.Ія43

Свідоцтво про державну реєстрацію наукового збірника «Екологічна безпека та природокористування» серія КВ № 14146-3117Р від 27.05.2008 р.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за добір і точність наведених цитат, формул, власних імен та інших відомостей

Адреса редакції: 03037, Київ, Повітрофлотський пр., 31, КНУБА, кім. 247

Тел.: (044) 245-54-91, 245-48-44

E-mail: stf@knuba.edu.ua, iklimova@i.ua

© КНУБА, 2009

ІТГІП, 2009

ЗМІСТ

Розділ 1. Екологічна безпека

В.Д. Шиян Моніторинг та екологічний імператив будівництва, експлуатації систем магістральних трубопроводів України...	5
О.С. Бутенко, В.О. Охарєв Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту	14
В.І. Клименко, В.М. Порєв, О.М. Трофимчук Моделювання забруднення земель вздовж автомобільних доріг	34
В.Ю. Вишняков, О.С. Можаровський Моніторинг льодової обстановки Азовського моря з використанням даних дистанційного зондування землі (ДЗЗ)	42
Я.М. Семчук, Л.Я. Долішня Динаміка коефіцієнта фільтрації засолених ґрунтів в процесі вилуговування	59
Н.В. Горбач, Т.А. Ключко, М.Р. Фридрак Определение паводкоопасных территорий при таянии снега	67
С.М. Маджд, Г.М. Франчук Акумуляція важких металів у рослинних асоціаціях на територіях, прилеглих до авіаремонтних та експлуатаційних підприємств	76

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

В.А. Баженов, В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський, П.П. Лізунов, І.Д. Лоєва Синергетична оптимізація розвитку соціоприродних систем: концептуальний підхід у контексті sustainable development	83
--	----

О.С. Пашинський, О.А. Машкін, Г.В. Лісиченко, Ю.Л. Забулонов Перспективи зниження техногенного навантаження роботи молокопереробних підприємств	92
В.В. Рибак Теоретико-практичні основи екологічної безпеки ме- ліорованих земель	99
В.М. Удод Трансформація складових біосфери в процесі приро- докористування	109
Г.Я. Красовский, О.С. Бутенко, А.С. Гребень Оценка потенциальной точности космических нави- гационных определений координат объектов ГИС	114
Розділ 3. Інтелектуальні ресурси. Науково-технологічна безпека	
Andrey I. Kondrat'yev Modeling of Phonoelastic and Strain-stress Properties of ¹³ C High Pressure Sensor for Use in Ecological Safety and Use of Natural Resources	124
В.Д. Захматов, Н.В. Щербак Новая техника для реализации современных инфор- мационных технологий при ликвидации последствий экологических катастроф	150
Б.М. Борисов Интенсификация водоочистки в осветлительно-сорб- ционных фильтровальных сооружениях	159
До авторів	168

УДК 621.64.029:351.745.5

**МОНІТОРИНГ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ІМПЕРАТИВ
ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ
МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

*В.Д. Шиян,
канд. техн. наук, доцент кафедри
тактико-спеціальної підготовки
(Академія управління МВС України)*

Стаття присвячена проблемам забезпечення екологічної безпеки природного середовища при будівництві магістральних трубопроводів та їх експлуатації.

Статья посвящена проблемам обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов.

The article is devoted the problems of providing of ecological safety of natural environment at building of main pipelines and their exploitation.

Постановка завдання. Інтенсивний розвиток нафтогазового комплексу (НГК) країни як основоположної бази паливної енергетики, нафто- і газохімічної промисловості обумовлює освоєння і введення в дію великих нафтових і газових родовищ, широкомасштабне будівництво мережі надпотужних нафто-, газо-, продуктопроводів, насосно-компресорних станцій електросилових установок та інших необхідних об'єктів підземного, наземного і надземного базування [1].

© В.Д. Шиян, 2009

Специфіка об'єктів НГК [2] в екологічному плані характеризується низкою особливих чинників:

- значною лінійною протяжністю магістральних трубопроводних систем;
- пожежо-, вибухонебезпекою продуктів, що транспортуються по трубопроводах [1];
- високим рівнем енергозброєності споруджуваних об'єктів;
- різнохарактерністю природних ландшафтів, в яких ведеться будівництво і експлуатація нафтогазових об'єктів, по географічних, геолого-мінералогічних, природно-кліматичних та інших чинниках.

Вказані обставини висувають екологічні проблеми НГК в ряд найважливіших державних, таких, що вимагають глибокого і всестороннього вивчення, невідкладного рішення. НГК країни належить до тих галузей народного господарства, для яких природоохоронна діяльність є основним виробничим компонентом всіх трудових процесів, що так або інакше впливають на навколишнє середовище [2, 3]. До особливої екологічної небезпеки схильні нафтогазоносні райони Карпат і Прикарпаття, де ландшапти відрізняються високою чутливістю навіть до незначних техногенних дій. Порушення лісового покриву вносить до природного гідрогеологічного режиму гірських ґрунтів необоротні зміни і зміни, що поволі відновлюються. Наслідком цього є прогресуюче розчленовування рельєфу, зсуви, селі тощо. Природні комплекси транспорту вуглеводнів Прикарпаття і Карпат, Криму схильні до сильного хімічного забруднення. Це пов'язано з геохімічною інертністю забруднюючих речовин в умовах значної теплової, ультрафіолетової радіації і пригніченої мікробіологічної діяльності.

Порушення ґрунтово-рослинного покриву, що має високу чутливість до антропогенних чинників нафтогазового будівництва, приводить до часткового або повного виключення земель з подальшого господарського користування: скорочується кормова база ссавців, пов'язана із заміною цінних кормових видів (мохів, лишайників, трави), менш цінними (осоко-злаковими співтовариствами), непридатними для живлення тварин в холодний період. Порушення екологічної обстановки мають місце при дослідженнях, будівництві і експлуатації нафтогазових об'єктів [3].

Таким чином, проблема екологічно безпечного облаштування і освоєння нафтогазоносних родовищ, будівництва промислових і цивільних об'єктів в районах зі складними інженерно-геологічними і природно-кліматичними геокріологічними умовами, транзитного транспорту вуглеводнів є виключно **актуальною проблемою** не тільки регіонального, але і загальнодержавного масштабу і значення.

Метою роботи є дослідження проблеми забезпечення екологічної безпеки довкілля під впливом будівництва та експлуатації магістральних трубопроводів і розробка основних напрямів екологічного імперативу.

Викладення матеріалу. Реалізація конкретних рішень і розробок дозволила знизити екологічні навантаження і збитки в окремих регіонах нафтогазового будівництва і експлуатації. Проте наявні позитивні результати в більшості випадків носять одиничний, локальний характер і не визначають загальну обстановку, яка все ще залишається виключно напруженою. У вказаному аспекті перед дослідниками постало питання комплексної систематизації передового досвіду в області інженерно-геологічного забезпечення нафтогазового будівництва і відпрацювання та розробки принципових шляхів розвитку цієї проблеми у напрямі ефективного захисту навколишнього середовища і раціонального природокористування.

Досвід і спостереження останніх десятиліть, на жаль, свідчить про невтішні результати і тенденцію до практично незворотного або майже незворотного процесу екологічної деградації, що відбувається на наших очах в багатьох життєво важливих географічних районах і природних ландшафтних зонах. Особливо швидко і помітно такі процеси відбуваються в екологічно легко уразливих районах, на межах можливого існування біоти, наприклад, у високогір'ї і в прикордонних з пустелями областях, арктичних районах, а також в районах з цілком сприятливими природно-кліматичними умовами, що піддаються потужному техногенному і антропогенному навантаженню, — великих містах і промислових центрах, гірничодобувних комплексах, родовищах вуглеводневої сировини тощо.

Так, за оцінками вчених, людство активно використовує в даний час 55% всій території суші, більше 12% всіх прісних

вод і половини щорічного приросту лісових ресурсів. В результаті будівельних і гірських робіт щорічно переміщається до 4 тис. км³ породи, видобувається з надр більше 100 млрд т руди і спалюється 10 млрд т умовного палива. Найбільш помітні зміни і погіршення екологічного стану ґрунтового покриву Землі. По суті, всі землі, придатні для використання в сільському господарстві, втратили природні екосистеми і покриті штучними біогеоценозами. Загальні незворотні втрати земельних ресурсів в світі за весь історичний період досягли 20 млн км² і перевищили сучасну орну площу планети. Нині щорічно безповоротно втрачається від 5 до 7 млн га різних сільськогосподарських земель у зв'язку із зростанням міст, мережі доріг, трубопроводів, кар'єрів і відвалів, водосховищ тощо.

Щоб в нашому соціумі, українському електораті прокинулася екологічна свідомість того, що навіть такі неосяжні країни як США, Російська Федерація можуть вичерпати свої можливості до самовідновлення природного балансу і що у всіх у нас один будинок — планета Земля, потрібно було, щоб відбулася ціла низка величезних за розмірами регіональних екологічних катастроф [4]. Нині державою приймаються запізнілі рішення-заходи щодо охорони навколишнього природного середовища, хоча відбулося це на добрий десяток років пізніше, ніж в розвинених країнах Заходу. Вказану ситуацію і становище ще можна виправити.

Загострення світової екологічної ситуації, яку все частіше і частіше визнають кризовою, а також масштаби змін, що відбуваються в біосфері, вимагають від всіх нас значної активізації природоохоронної діяльності у всіх без виключення галузях господарства і на всіх рівнях: науково-технічному, виробничому, організаційному і правовому — з використанням соціально-психологічних чинників. Тобто потрібна суцільна екологізація всієї народно-господарської діяльності і свідомості людей в найширшому розумінні цього слова, щоб хоча б припинити негативні екологічні процеси в навколишньому природному середовищі, а потім почати поліпшення екологічної обстановки в країні та у всьому світі [4].

Проте ця природоохоронна стратегія, не підкріплена відповідним економічним механізмом стимулювання охорони на-

вколишнього природного середовища в процесі господарської діяльності, породила в результаті принцип та тактику «залишкового принципу» в будівництві природоохоронних об'єктів та інші негативні явища.

У державних оперативних і довгострокових планах економічного і соціального розвитку України передбачається підвищення ефективності заходів з охорони довкілля, широке впровадження прогресивних ресурсозберігаючих технологічних процесів, розвиток комбінованого виробництва, що забезпечує повне і комплексне використання природних ресурсів, сировини, матеріалів, нейтралізує шкідливу їх дію, що виключає або істотно знижує шкідливі впливи на довкілля. На практиці реалізація цих завдань веде, як правило, до значного подорожчання проектів, не підкріплених вимогами нормативних документів, що діють (ГОСТ, СНіП).

Проблеми охорони і захисту природи набули нині виключно важливого і перспективного значення у галузі будівництва об'єктів нафтової і газової промисловості. Освоєння нових родовищ і будівництво величезних нафтогазових комплексів здійснюється в даний час переважно в таких природно-кліматичних зонах, які відрізняються підвищеною екологічною уразливістю до техногенних дій, обумовлених будівництвом і експлуатацією нафтогазовидобувних комплексів (НГВК) і трубопровідних транспортних систем. Пов'язане з цим ускладнення умов будівництва і експлуатації об'єктів НГВК підвищує екологічний ризик, пов'язаний також з нинішнім рівнем конструктивних, технологічних і організаційних рішень, що не відповідають вимогам екологізації всієї господарської і, зокрема, будівельної діяльності.

Кожна галузь народного господарства, незалежно від роду діяльності і районів дислокації її об'єктів, несе в тій або іншій мірі відповідальність за негативні екологічні наслідки їх функціонування і за загальне погіршення обстановки. При цьому слід пам'ятати, що всі галузі є джерелами техногенезу. І хоча природі, яку В.В. Вернадський називав ноосферою, звичайно, все одно, яка галузь персонально винна в нанесеній шкоді і збитках, проте це важливо з позицій правильного (справедливого) розподілу інвестицій в охорону довкілля, захист і

відновлення природного середовища між галузями — учасниками робіт в даному регіоні.

Сучасний магістральний трубопровід (МТ) є, по суті, вибухо-, пожежонебезпечним багатокілометровим казаном (посудиною) високого тиску, що знаходиться до того ж під землею, що ускладнює спостереження за ним. Так, сучасний МТ має діаметр 1420 мм, робочий тиск 7,5 МПа. Вибух газопроводу вказаного діаметра еквівалентний вибуху 3,8 т тринітротолуолу. Руйнування його, навіть на обмеженій ділянці, часто призводить до великомасштабних екологічних втрат і збитків, пов'язаних з викидом вуглеводнів у будь-якому агрегатному стані, його вибухом, пожежею, тобто механічними і тепловими пошкодженнями природного ландшафту і, іноді, з людськими жертвами [4].

На відміну від чисто газових об'єктів, основним екологічним збитком при відмовах яких визначається їх вибухонебезпека, на нафто- і продукто-транспортних системах (трубопроводи, танкери) домінуючим чинником екологічних збитків є довготривале забруднення води і ґрунтів, не виключаючи, зрозуміло, їх пожежонебезпеки. Якщо виключити з розгляду аварійні ситуації і вважати, умовно, нафтогазові об'єкти абсолютно надійними, може створитися ілюзія їх екологічної безпеки. Проте, це не так. Екологічні втрати супроводжують і нормальну експлуатацію об'єктів НГК. За СНіП 1.42-80 при здачі в експлуатацію МТ допускається втрата 0,00029% обсягу транспортуємого продукту. Малі витрати і технологічні втрати продукту, тривала аномальна тепла дія на навколишнє середовище, вивід із обороту значних земельних площ, соціальні збитки, відлякування фауни, так звані випадкові відмови, зумовлені природними явищами, недбалістю, халатністю або тероризмом, — оце є геть не повний перелік техногенних чинників в процесі експлуатації об'єктів НГК. Вони, поза сумнівом, менш інтенсивні, ніж наслідки аварій на АЕС, проте характеризуються великою тривалістю дії і накопиченням екологічних збитків.

Період, що охоплює розвідку, пошукові дослідження і власне будівництво об'єктів НГК, як правило, набагато коротший, ніж плановий термін експлуатації. Проте техногенні дії

у вказаний період характеризуються набагато більшою інтенсивністю, ніж при експлуатації, хоча і носять інший характер. Екологічні збитки обумовлені у даному випадку в основному фізико-механічними діями на ґрунти, флору і фауну, дестабілізацією гідрологічної обстановки, активізацією ерозійних процесів, знищенням рослинності, забрудненням водоймищ, загибеллю іхтіофауни, розполохуванням тварин, негативним, як правило, впливом на спосіб життя корінного населення освоєваних територій.

Вже тільки вказані обставини висувають екологічні проблеми нафтогазового будівництва в ряд найважливіших, таких, що вимагають глибокого і усестороннього вивчення, обов'язкового їх обліку при проектуванні, інженерних дослідженнях і будівництві об'єктів НГК.

Нафтогазовий комплекс країни, зокрема галузь нафтогазового будівництва, належить до тих галузей народного господарства, для яких природоохоронна діяльність стає основним виробничим компонентом всіх трудових процесів, або тих, що інакше взаємодіють з навколишнім середовищем. Вирішення проблеми екологічного забезпечення НГК здійснюється на основі системного програмно-цільового підходу, оскільки всякий раз потрібне взаємозв'язане вирішення цілого комплексу завдань, пов'язаних з визначенням: джерел шкідливої дії і забруднення за всією сукупністю технологій нафтогазового будівництва; екологічних резервів освоєваних територій; характеру взаємодій будівельного техногенезу з компонентами природного середовища з урахуванням регіональних чинників; екологічної ситуації на момент початку будівництва (фоновий стан), прогнозу на період будівництва і експлуатації, тобто оцінки реальної і потенційної екологічної небезпеки на весь період існування об'єкта для штатної і аварійної ситуації; системи критеріїв і кількісних показників стійкості ландшафтів до дій і ефективності природоохоронних заходів і так далі

Безперервно в цьому напрямі удосконалюються технічні рішення щодо видобутку, збору, підготовки і транспорту вуглеводнів, організації і технології будівництва. Основні напрями вдосконалення — скорочення термінів будівництва і площ

відчужених земель, індустріалізація будівництва і відповідне скорочення зайнятості працівників, все більш жорстка сезонна регламентація будівництва і підвищення його якості. Проте при всій значності цих досягнень вони все-таки не відповідають новому рівню природоохоронних вимог до проектування, будівництва і експлуатації (ПБЕ) об'єктів НГК, особливо — в кріолітичній зоні.

В даний час в галузі нафтогазового будівництва помітно активізувалися роботи з охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів. Проте ще далеко не повною мірою використовуються сучасні досягнення в області інженерної екології. Дамо перелік завдань щодо вдосконалення екологічного забезпечення будівництва нафтогазових об'єктів [4]:

- наукове забезпечення охорони навколишнього середовища (ОНС) при будівництві нафтогазових об'єктів;
- нормативне і проектне забезпечення ОНС;
- організаційне забезпечення природоохоронної діяльності.

Таким чином, **основними напрямками** науково-технічного прогресу в області екології нафтогазового будівництва є:

- 1) розробка науково обґрунтованої методології природоохоронної діяльності в нафтогазовому будівництві;
- 2) розробка комплексу організаційно-технічних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища.

Перший напрям включає: вивчення особливостей впливу споруджуваних об'єктів на довкілля, дослідження механізмів взаємодії у системі «Людина — трубопровід — природа», аналіз екологічних норм будівництва. Воно передбачає також розробку загальних принципів формування екологічної теорії НГК, експериментальні дослідження реальних екологічних контактів «об'єкт — навколишнє середовище»; аналіз загальних закономірностей розвитку обернених і не обернених збурень, зміщень екологічної рівноваги в регіоні будівництва.

Другий напрям пов'язаний з розробкою нормативного регламенту будівництва з урахуванням екологічних вимог, аналізом екологічних наслідків на об'єктах будівництва, метрологічним забезпеченням охоронно-попереджувальних заходів. Він припускає організаційно-технічне і соціально-правове управ-

ління ОНС в будівництві і експлуатації об'єктів НГК, визначення народно-господарського ефекту правоохоронних заходів у будівництві об'єктів нафтової і газової промисловості.

На основі вищевикладеного можна зробити висновки, що **основною метою** ОНС і інженерної екології при спорудженні об'єктів НГК є: розробка такої стратегії і тактики освоєння родовищ газу, нафти; прокладка магістральних трубопроводів, при якій стає можливим поєднання інтенсивної будівельно-виробничої і господарської діяльності з спорудження об'єктів НГК з регіональними особливостями та адаптаційними властивостями природного середовища.

Склад природоохоронних заходів, що включаються в технологічні цикли, визначається виходячи з природозберігаючих критеріїв мінімізації екологічного збитку на всіх стадіях життєвого циклу нафтогазових об'єктів; забезпечення екологічної безпеки створених нафтогазових ПТГ; досягнення максимальної еколого-економічної результативності формування і функціонування об'єктів НГК; відповідність порушення вимог екологічної безпеки встановлюється [5, Ст. 236—239, 241—244, 253, 270, 292].

* * *

1. Про трубопровідний транспорт: Закон України від 15.05.1996, № 192.
2. Про об'єкти підвищеної небезпеки: Закон України від 18.01.2001, № 2245.
3. Мазур И.И. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. — М.: ИЦ «Элима», 2004. — 104 с.
4. Мазур И.И. Конструктивная надежность и экологическая безопасность трубопроводов / И.И. Мазур, О.М. Иванцов, О.И. Молдаванов. — М.: Недра, 1990. — 264 с.
5. Кримінальний кодекс України: Закон України від 5.04.2001, № 2341.

Отримано: 15.03.2009 р.

УДК 504.06

МЕХАНІЗМ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВИКИДАМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

О.С. Бутенко, канд. техн. наук, доцент;
В.О. Охарєв
(Національний аерокосмічний університет
ім. Н.Є. Жуковського)

Проаналізовано основні механізми забруднення приземного шару атмосфери і верхнього ґрунтового шару викидами автомобільного транспорту у придорожній смузі. Докладно розглянуто основні чинники забруднення, забруднюючі компоненти та специфіка їх негативного впливу на довкілля. Наведено ряд методів оцінки рівня забруднення, проаналізовано їх сильні та слабкі місця. Розглянута методологія видачі попереднього прогнозу розповсюдження забруднення з урахуванням збурюючих чинників та їх впливу на рівень концентрації забруднень, а також математичний апарат для визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин.

Проанализированы основные механизмы загрязнения приземного слоя атмосферы и верхнего почвенного слоя выбросами автомобильного транспорта в придорожной полосе. Подробно рассмотрены основные факторы загрязнения, загрязняющие компоненты и специфика их негативного влияния на окружающую среду. Приведен ряд методов оценки уровня загрязнения, проанализированы их сильные и слабые места. Рассмотрена методология выдачи предварительного прогноза распространения загрязнения с учетом возмущающих факторов и их влияния на уровень концентрации загрязнений, а также математический аппарат для определения количественных характеристик уровня концентрации загрязняющих веществ.

The basic mechanisms of contamination of the ground layer of atmosphere and ground epiphase are analysed by the extrass of motor transport in a wayside

© О.С. Бутенко, В.О. Охарєв, 2009

bar. The basic factors of contamination are thoroughly considered, contaminating components and specific negative influence of them on an environment. The list of estimation methods of contamination parametres is resulted, they are analysed strong and weak places. Methodology of delivery of previous prognosis of contamination distribution is taking into account revolting factors and their influence is considered, and also mathematical vehicle is considered for determination of quantitative descriptions of concentration of contaminants's parametres.

Проблема забруднення довкілля викидами автомобільного транспорту залишається надзвичайно актуальною протягом вже достатньо довгого часу, і в майбутньому її актуальність буде тільки зростати. Масштаби забруднення збільшуються пропорційно до темпів автомобілізації суспільства. Найбільш негативні наслідки автотранспортне забруднення складає для територій, що знаходяться поблизу основних автошляхів. В рамках таких придорожніх смуг концентрація шкідливих речовин може перевищувати ГДК в декілька разів. Вплив транспортних викидів відчувається на відстані 1—2 км від автодороги та розповсюджується на висоту близько 300 м.

Поточна ситуація потребує розробки і впровадження комплексу методів кількісної оцінки масштабу забруднень конкретної ділянки придорожньої смуги. Масштаби та специфіка забруднення залежать від низки чинників: завантаженості автодороги, типу транспорту, який є переважним на даній ділянці (маються на увазі перш за все технічні характеристики двигуна внутрішнього згоряння), рельєфу місцевості, поточних метеорологічних умов та загальної характеристики клімату, наявності та параметрів захисних лісосмуг тощо. Також проблема потребує розробки математично обґрунтованої методики прогнозування розподілу викидів в рамках придорожньої смуги [1].

В першу чергу необхідно провести аналіз основних чинників і компонентів забруднення.

Спектр хімічних речовин, що виділяються під час руху автотранспорту, є достатньо широким. Їх можна поділити на дві великі категорії. Перша група токсичних речовин пов'язана з хімічними реакціями окислення палива, що протікають як в період перед згорянням, так і в процесі згоряння. Друга

група токсичних речовин утворюється при з'єднанні азоту і надмірного кисню в продуктах згоряння [2, 3].

Під час роботи двигуна внутрішнього згоряння джерелами викидів шкідливих речовин є відпрацьовані гази (далі — ВГ), картерні гази та продукти випаровування з системи живлення. Серед цих джерел основним є ВГ, які мають складний хімічний склад: більше 1000 різних шкідливих речовин, які чинять негативний вплив на довкілля, і лише 200 з них розпізнано. Основними є: оксид вуглецю CO, вуглеводні (загальна формула C_xH_y), оксиди азоту (NO_x), канцерогенні речовини, до яких належать складні ароматичні вуглеводні поліциклічної будови (найпоширенішим є бенз(а)пірен — $C_{20}H_{12}$), альдегіди (RHSO), сполуки свинцю (PbO_4) і сажа (C). В картерних газах і випаровуваннях містяться, в основному, вуглеводні [4].

Процентний розподіл між трьома джерелами шкідливих викидів характеризується в табл. 1:

Таблиця 1

Процентний розподіл між трьома джерелами шкідливих викидів

	CO	C_xH_y	NO_x
Відпрацьовані гази	100	55	100
Картерні гази	—	25	—
Випаровування палива	—	20	—

Також рух автотранспорту призводить до відкладення сполук важких металів. Важкі метали відкладаються в придорожніх смугах як в результаті роботи власне автотранспортних засобів, так і при стиранні полотна дороги. В результаті стирання автомобільних шин в ґрунті поблизу автодороги осідають такі елементи як алюміній, кобальт, мідь, залізо, цинк, кадмій, свинець та ін. Первинну їх дію відчують рослинні організми.

Бензинові та дизельні ДВЗ мають свої переваги та недоліки в контексті забруднення навколишнього середовища. Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у складі їх ВГ також різниться (табл. 2):

Таблиця 2

**ГДК шкідливих речовин у складі ВГ
для двигунів двох основних категорій**

Назва речовини	Бензинові	Дизелі
Оксид вуглецю (CO), %	10	0,3
Вуглеводні (C _x H _y), %	2	0,5
Оксиди азоту (NO _x), %	0,6	0,2
Альдегіди (RCHO), %	0,2	0,05
Двооксид сірки (SO ₂), мг/м ³	0,003	0,015
Сажа, мг/м ³	100	2000
Сполуки свинцю, мг/м ³	60	0
Канцерогени (бенз(а)пірен), мг/м ³	25	10

Як бачимо, викиди основних забруднюючих речовин значно нижче в дизельних ДВЗ. Проте вони відрізняються підвищеними викидами сажі, що утворюється унаслідок перевантаження палива. Сажа насичена канцерогенними вуглеводнями і мікроелементами; їх викиди в атмосферу неприпустимі [5, 6].

Використання дизелю дає можливість запобігти викидам в атмосферу сполук свинцю. Але цьому можна запобігти і в разі невикористання етильованого палива у бензинових ДВЗ.

Також масштаб та характер забруднення залежить від швидкості руху автомобіля. Ця залежність має непрямий характер. Відомо, що найбільш забрудненими є центральні вулиці великих міст. Це трапляється не лише з причини високого рівня автомобілізації на даних автошляхах, а і з тієї причини, що при автомобільних «пробках» та великій кількості світлофорів двигун багато часу проводить на холостому ході, що призводить до надзвичайно великих викидів.

До того ж спрацьовує ряд інших чинників, що впливають на режим руху автомобіля. Це, наприклад, рельєф місцевості та якість покриття автодороги. Ідеальним є постійний рух зі швидкістю 60 км/год, відповідно, покриття низької якості та розчленований рельєф (наприклад, гірський) є додатковими чинниками, що збільшують забруднення (при гальмуванні та прискоренні, чергування яких за таких умов є постійним, загальний об'єм викидів зростає у 8 разів) [7].

Викиди автотранспорту розподіляються в основному в приземному шарі атмосфери, а також в зоні аерації ґрунтового покриву. Розглянемо механізми цього розподілу.

Автомобільний транспорт разом із важкою промисловістю відноситься до основних забруднювачів атмосфери. Відпрацьовані гази, картерні гази, дими, сажа призводять до складних хімічних реакцій в приземному шарі атмосфери. Результатом таких реакцій є синтез небезпечних для екосистеми речовин, таких як озон, утворення фотохімічного смогу, підвищення середньої температури повітря, що призводить до появи «парникового ефекту». Автомобільні викиди розповсюджуються і трансформуються в атмосфері за певними закономірностями. Так, тверді частинки розміром більше 0,1 мм осідають на підстилаючих поверхнях (в основному через дію гравітаційних сил) і забруднюють ґрунтовий покрив. Частинки, розмір яких менше 0,1 мм, а також газові домішки у вигляді CO , C_xH_y , NO_x , SO_x розповсюджуються в атмосфері під впливом процесів дифузії. Вони вступають в процеси фізико-хімічної взаємодії між собою і з компонентами атмосфери, і їх дія виявляється на локальних територіях в межах певних регіонів [8].

Ступінь забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту залежить від можливості перенесення даних забруднюючих речовин на значні відстані, рівня їх хімічної активності, метеорологічних умов розповсюдження.

Компоненти шкідливих викидів з підвищеною реактивною здатністю, потрапляючи у вільну атмосферу, взаємодіють між собою і компонентами атмосферного повітря. При цьому розрізняють фізичну, хімічну і фотохімічну взаємодії.

Приклади фізичного реагування: конденсація пари кислот у вологому повітрі з утворенням аерозоля, зменшення розмірів крапель рідини в результаті випаровування в сухому теплому повітрі. Рідкі і тверді частинки можуть об'єднуватися, адсорбувати або розчиняти газоподібні речовини.

Реакції синтезу і розпаду, окислення і відновлення здійснюються між газоподібними компонентами забруднюючих речовин і атмосферним повітрям. Деякі процеси хімічних перетворень починаються безпосередньо з моменту надходження викидів в атмосферу, інші — при появі для цього сприятливих

умов — необхідних реагентів, сонячного випромінювання, інших чинників.

При виконанні транспортної роботи істотним є викид з'єднань вуглецю у наступному вигляді: CO (може окислюватися до CO₂, за наявності домішок — до сильних окислювачів (O, O₃), перекисних з'єднань і вільних радикалів); C_xH_y (в результаті утворюються перекиси, вільні радикали, з'єднання з оксидами азоту і сірки).

З'єднання азоту, що поступають в атмосферу від об'єктів автотранспортного комплексу, представлені в основному NO і NO₂. Моноксид азоту, що виділяється в атмосферу під впливом сонячного світла, інтенсивно окислюється атмосферним киснем до діоксиду азоту. Кінетика подальших перетворень діоксиду азоту визначається його здатністю поглинати ультрафіолетові промені і дисоціювати на моноксид азоту та атомарний кисень в процесах фотохімічного смогу.

Значна частка викидів розподіляється також в ґрунтах. Негативна дія автомобільного транспорту на ґрунтовий покрив придорожньої смуги визначається надходженням в ґрунт найрізноманітніших хімічних речовин, серед яких важким металам і, перш за все, свинцю і його з'єднанням в численних дослідженнях приділялася найбільш пильна увага. Проте проблема забруднення свинцем придорожного ґрунтового покриття стає все менш актуальною. В той же час все більш гостро починає виявлятися проблема забруднення ґрунтів нафтопродуктами, бенз(а)піреном, з'єднаннями цинку і деяких інших важких металів [9, 10].

Підвищений вміст цинку став характерним явищем, яке через свою екологічну небезпеку вимагає пильного контролю і уважного вивчення.

Цинк поступає в придорожній простір в результаті стирання різних деталей, ерозії оцинкованих поверхонь, зносу шин, за рахунок використання в маслах присадок, що містять цей метал. Масова частка цинку в моторних маслах для бензинових двигунів складає 0,09—0,12%, у маслах для дизельних двигунів — 0,05—0,1%.

Після відмови від використання з'єднань кадмію в процесах вулканізації гуми і заміни їх з'єднаннями цинку стирання

автомобільних шин також стало одним з джерел накопичення цього металу уздовж дороги. В результаті цих процесів уздовж автомобільних доріг формуються геохімічні аномалії цинку. На жаль, методологія розрахунків накопичення цинку в придорожніх ґрунтах поки не розроблена, процеси міграції і накопичення цинку, що відбуваються в ґрунті, недостатньо вивчені, що не дозволяє упевнено прогнозувати процеси його розподілу в ґрунті.

Отримані дані показують, що проблема забруднення придорожніх ґрунтів цинком починає виявлятися все більш виразно. Тоді як численні вимірювання демонструють успіхи в боротьбі зі свинцевим забрудненням, небезпека накопичення в придорожніх ґрунтах неприпустимої кількості цинку наростає.

Нафтопродукти, що є композицією найрізноманітніших вуглеводнів, є, як загальновідомо, найбуденнішим і повсюдним забруднювачем придорожніх смуг. Не дивлячись на те, що забруднення ними носить наймасштабніший і поширеніший характер, яких-небудь задовільних методик, що забезпечують прогнозні оцінки забруднення ґрунтів, до сьогодні не розроблено.

Серед показників, що характеризують забруднення ґрунту вуглеводнями, особливу значущість має бенз(а)пірен, що має канцерогенну дію. Бенз(а)пірен у складі інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів міститься у відпрацьованих газах автомобільних двигунів [11].

Дослідження, що присвячені вмісту шкідливих речовин в ґрунтовому покриві, на сьогоднішній день є необхідними з багатьох причин. Специфіка хімічного складу ґрунту впливає на сільськогосподарські властивості ґрунтів придорожньої смуги. Знати її необхідно для оптимізації сільськогосподарської діяльності в придорожній смузі. Наприклад, деякі сільськогосподарські культури є більш стійкими до забруднення важкими металами. Також це питання набуває величезної актуальності в контексті грошової оцінки земельних ресурсів.

Оцінка характеру та масштабів забруднення навколишнього середовища викидами автотранспорту може бути виконана за допомогою комплексу методів, що враховують всі аспекти

забруднення. Надзвичайно складно привести численні дані до єдиного інтегрального показника, який показував би рівень забруднення довкілля. Оскільки ми розглядаємо забруднення територій уздовж автошляхів, стан водоймищ в даному випадку не є принциповим, тому зупинимось докладніше на розрахунках забруднення повітря та ґрунтового покриву [12].

При забрудненні повітряного середовища слід виходити з ситуації, що склалася, враховуючи фоновий рівень забруднення, існуючі локальні джерела забруднення і перспективи їх зміни на прогностичний період. На основі цих даних можливе проведення осмислених оцінок, що дозволяють визначити внесок нового об'єкту (в даному випадку — автомобільної дороги) в забруднення атмосфери та порядок виконання необхідних природоохоронних заходів. У зв'язку з цим необхідно розглянути питання, пов'язані з фоновими концентраціями забруднюючих речовин, з оцінкою дії руху і з загальними діями при експлуатації дороги, виходячи з розглянутих природно-кліматичних умов на прогностичний період [13].

Забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів зручно оцінювати за концентрацією оксиду вуглецю (мг/мі) за формулою:

$$K_{co} = 0,5 + 0,01 \times N \times K_m) \times K_a \times K_y \times K_c \times K_g \times K_n,$$

де 0,5 — фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження, мг/мі; N — сумарна інтенсивність руху автомобілів на міській дорозі, автомобілів в годину; K_n — коефіцієнт, що залежить від типу транспортного засобу; K_a — коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості; K_y — коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря залежно від величини подовжнього ухилу; K_c — коефіцієнт, що враховує зміну концентрації СО залежно від швидкості вітру; K_g — коефіцієнт відносної вологості повітря; K_m — коефіцієнт токсичності автомобілів по викидах в атмосферне повітря оксиду вуглецю.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначається як середньозважений для потоку автомобілів за формулою:

$$K_m = P_i \times K_s,$$

де: P_i — склад руху в долях одиниць; K_3 — коефіцієнт збільшення забруднення атмосферного повітря СО на перехрестях.

Нижче в таблицях наведені величини відповідних коефіцієнтів в залежності від конкретних параметрів місцевості.

Таблиця 3

Значення K_p

Тип автомобіля	K_p
Середній вантажний	2,9
Автобус	3,7
Легкий вантажний	2,3
Важкий вантажний (диз.)	0,2
Легковий	1,0

Таблиця 4

Значення K_a

Тип місцевості за ступенем аерації	K_a
Транспортні тоннелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці та дороги з багатоповерховою забудовою з 2-х сторін	1,0
Житлові вулиці з одноповерховою забудовою, вулиці та дороги у висміці	0,6
Міські вулиці та дороги з одноповерховою забудовою, набережні, естакади, віадуки, високі насипи	0,4

Таблиця 5

Значення K_v

Відносна вологість, %	K_v
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Таблиця 6

Значення K_u

Поздовжній ухил	K_u
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблиця 7

Значення Кс

Швидкість вітру	Кс
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Таблиця 8

Значення Кз

Тип перехрестя	Кз
Перехрестя, що регулюється:	
світлофорами звичайне	1,8
світлофорами кероване	2,1
саморегулюєме	2,0
Нерегулюєме:	
зі зниженням швидкості	1,9
кільцеве	2,2
з обов'язковою зупинкою	3,0

Згідно з використовуваною раніше методикою розрахунку забруднення ґрунту кількість забруднюючої речовини визначалася, виходячи з пропозиції, що всі викиди розподіляються уперек дороги відповідно до нормального закону розподілу:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

де $\sigma = 60$.

Додатково враховувався факт наявності і класифікації лісо-насаджень (залежність показана на рис. 1).

Така методика розрахунку не дає можливості адекватно розрахувати концентрацію забруднень в реальних умовах, оскільки не враховується ряд збурюючих чинників.

Так само класичним варіантом підрахунку рівня забруднень є метод, заснований на використанні насамперед статистичних матеріалів, що стосуються завантаженості автошляхів, даних про найбільш розповсюджені типи автотранспорту (відповідно до цього детермінують найбільш уживаний тип палива). Похибка розрахунків напряму залежить від якості даних, в ідеальних умовах потрібні навіть дані про марки автотранспортних засобів. Велика увага приділяється кореляції характеру забруднення з характеристиками клімату території та конкретними метеорологічними умовами (середні температури, їх добова амплітуда, річна кількість опадів, переважний напрям

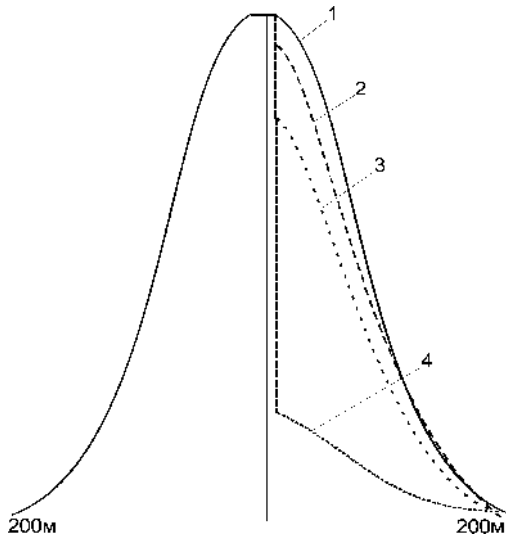


Рис. 1. Розподіл забруднення уподовж дороги: 1 — лісосмуги немає; 2 — смуга чагарника; 3 — смуга дерев; 4 — зелений масив

вітру в залежності від сезону тощо). Необхідними також є вихідні емпіричні дані про стан ґрунтового покриву (щільність ґрунту, товщина ґрунтового шару, в якому можуть розташовуватися з'єднання свинцю).

Потужність емісій свинцю за даної середньодобової інтенсивності руху автотранспорту визначається за формулою:

$$P_e = K_n \times K_o \times K_m \times \sum (G_i \times P_i \times N_i),$$

де P_e — визначається в мг/мі на добу; $K_n = 0,74$ — коефіцієнт перерахунку одиниць виміру; $K_o = 0,8$ — коефіцієнт, що враховує осідання свинцю в системі випуску відпрацьованих газів; $K_m = 0,8$ — коефіцієнт, що враховує частку викидів свинцю у вигляді твердих елементів в загальному об'ємі викидів; G_i — середні експлуатаційні витрати палива для відповідної моделі автотранспорту; N_i — середньодобова інтенсивність руху автотранспорту вибраної моделі; P_i — вміст добавки свинцю в паливі, що застосовується на автомобілі обраного типу.

Рівень забруднення свинцем поверхневого ґрунтового шару на різних відстанях від автодороги визначається за формулою:

$$P_c = \frac{P_n}{h \times \rho},$$

де P_c — рівень забруднення ґрунту з'єднаннями свинцю, мг/кг; h — товщина ґрунтового шару (в метрах), в якому розташовуються викиди свинцю, для орних земель приймається за 0,2 м; ρ — щільність ґрунту; P_n — відклади свинцю на поверхні землі (мг/м³), величина яких визначається за формулою:

$$P_n = 0,4K_1 \times U_v \times T_p \times P_e,$$

де K_1 — коефіцієнт, що враховує відстань від автодороги; U_v — коефіцієнт, що залежить від сили та напрямку вітру, приймається як рівний відношенню площі рози вітрів з боку дороги, протилежного досліджуваній зоні, до загальної площі; T_p — розрахунковий строк експлуатації дороги в добах, приймається за 7300 діб, що відповідає 20-річному прогнозованому строку; P_e — потужність емісії свинцю.

Переваги цього методу перед розглянутим раніше полягають саме в більш детальному аналізі статистичних даних, що стосуються транспортних засобів, оскільки, як доведено вище, характеристики забруднення суттєво різняться в залежності від типу двигуна (типу палива) та інших параметрів. Проте коефіцієнти, що використовуються в даному методі, носять емпіричний характер, а співвідношення, отримані емпіричним шляхом, не дозволяють враховувати деякі особливості, зокрема, наявність і використання апріорної інформації про місцевість і характер впливу окремих чинників або їх взаємний вплив на якість визначення рівня забруднень.

Для цього потрібне використання більш точної функціональної моделі на основі теорії статистичних рішень з урахуванням сезонних змін і інших особливостей аналізованої місцевості. При цьому необхідне комплексування прескриптивної та дескриптивної моделей для об'єднання апріорної інфор-

мації, отриманої контактними і дистанційними методами зондування земної поверхні на заданій ділянці місцевості. Побудова такої функціональної моделі повинна бути заснована на алгебрі нечіткої логіки, що дозволяє аналізувати нечіткі ситуації і давати кількісні оцінки відповідним комбінаціям даних чинників впливу.

Наприклад, аналіз та урахування лише декількох чинників, таких як інтенсивність руху та його швидкість, крутизна схилу, кількість опадів, наявність лісосмуги, дає суттєві переваги при кількісній оцінці концентрації викидів автомобільного транспорту уздовж автошляхів. Розглянемо механізм урахування та взаємного впливу вищевказаних чинників на показник, що оцінює рівень забруднень в даній місцевості.

Аналізуючи проблему екологічного забруднення викидами автотранспорту уздовж доріг, торкаємось системи, що містить велике число змінних, які взаємодіють один з одним, реагуючих на зміни кожної іншої змінної, які представляються у вигляді причинно-наслідкових відносин, що можна виразити у вигляді графових моделей взаємодії (рис. 2). Використання нечіткої логіки як модель складної системи засноване на наступному. Найістотніші процеси для даної проблеми зображуємо вершинами графа. Від вершини u до вершини v проводиться дуга, якщо зміна u надає безпосередню істотну дію на v і дана дуга має знак «плюс», якщо дія є «посиленням» (за інших рівних умов збільшення u приводить до збільшення v і зменшення u — до зменшення v), і знак «мінус», — якщо дія викликає «гальмування» (за інших рівних умов збільшення u приводить до зменшення v і зменшення u — до збільшення v) [14, 15].

Для побудованого графа посилень, що показує взаємний вплив перерахованих вище чинників один на одного і впливи цих же чинників на кількість викидів солей свинцю P_{pb} , необхідно встановити значення вагових коефіцієнтів ступеня впливу відповідно до алгоритму Флойда. Ці коефіцієнти приймуть наступні значення:

1. При впливі чинника на кількість забруднень

Рельєф (R) — 0,0145

Викиди автотранспорту ($K_{авт.}$) — 0,28

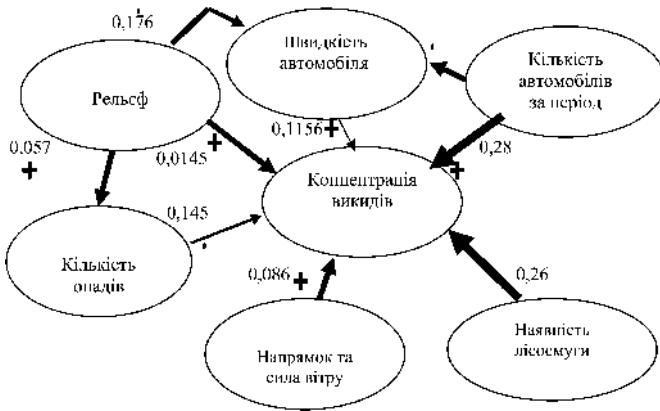


Рис. 2. Базова структура моделі обліку забруднень автомобільним транспортом уздовж доріг

Опади (O) — 0,145

Вітер (N_v) — 0,086

Наявність лісосмуги (L) — 0,26

Швидкість автотранспорту ($V_{авт}$) — 0,1156.

2. При взаємному впливі чинників

Рельєфу на швидкість автотранспорту ($R \cdot V_{авт}$) — 0,176

Рельєфу і опадів ($R \cdot O$) — 0,057

Викиди автотранспорту і швидкість автотранспорту ($K_{авт} \cdot V_{авт}$) — 0,057.

Отримані значення вагових коефіцієнтів використовуються в подальших розрахунках, зокрема для обчислення консеквента (висновка сумісних логічних висловів) при операціях логічної диз'юнкції і кон'юнкції при визначенні інтегрального показника сукупності комбінаторних множин для побудови подальшої функціональної залежності, що визначає значення функції приналежності [15].

Нечіткий предикат, таким чином, матиме наступний вигляд: $P(<0.0145, 0.28, 0.145, 0.086, 0.26, 0.1156>)$. Формально цей предикат визначається як деяке відображення з декартового добутку універсумів $X_1 \times X_2 \times X_6$, що дає нам підставу скористатись операціями алгебри кінцевих предикатів. Підсумко-

ва формула для опису сукупності впливу чинників на кількість забруднень з врахуванням їх взаємного впливу витікає з побудованого графа посилень і спирається на класичні визначення логічної диз'юнкції і логічної кон'юнкції нечітких висловів, і виглядає таким чином:

$$(R \wedge V_{\text{авт}} \wedge O) \vee (K_{\text{авт}} \wedge V_{\text{авт}}) \vee L \vee N_{\text{в}} \vee O \vee R \vee K_{\text{авт}} \vee V_{\text{авт}}.$$

Логічна кон'юнкція нечітких висловів для ситуацій $R \wedge V_{\text{авт}} \wedge O$ та $K_{\text{авт}} \wedge V_{\text{авт}}$ визначалась за формулою розрахунку добутку алгебри ступеней істинності нечітких висловів:

$$T(R \wedge V_{\text{авт}} \wedge O) = T(R) \cdot T(V_{\text{авт}}) \cdot T(O) = 0,0099$$

$$T(K_{\text{авт}} \wedge V_{\text{авт}}) = T(K_{\text{авт}}) \cdot T(V_{\text{авт}}) = 0,057.$$

Логічна диз'юнкція нечітких висловів для ситуації

$$0,0099 \vee 0,057 \vee L \vee N_{\text{в}} \vee O \vee R \vee K_{\text{авт}} \vee V_{\text{авт}}$$

визначалась за формулою розрахунку алгебри суми ступеней істинності нечітких висловів:

$$T(0,0099 \vee 0,057 \vee L \vee N_{\text{в}} \vee O \vee R \vee K_{\text{авт}} \vee V_{\text{авт}}) =$$

$$= 0,0099 + 0,057 + T(L) + T(N_{\text{в}}) + T(O) +$$

$$+ T(R) + T(K_{\text{авт}}) + T(V_{\text{авт}}) -$$

$$[0,0099 \cdot 0,057 \cdot T(L) \cdot T(N_{\text{в}}) \cdot T(O) \cdot T(R) \cdot T(K_{\text{авт}}) \cdot T(V_{\text{авт}})] = 1,87.$$

Таким чином, середнє значення інтегрального показника сукупності комбінаторних множин дорівнює 1,87.

Емпіричним шляхом, з використанням відповідних статистичних даних були визначені функціональні залежності впли-

ву кожного з чинників (розглядаємих факторів) на рівень забруднення.

Оскільки показник складу транспортних засобів носить статистичний характер, функціональна залежність кількості викидів (K_6) від інтенсивності руху (N) буде лінійною і матиме наступний вигляд:

$$f(x_1) = (k_1 + k_2) \cdot x_1,$$

де k_1 — концентрація викидів при використанні дизельного палива, k_2 — концентрація викидів при використанні бензину.

Характеристикою кожної марки автомобіля є його оптимальна швидкість $V_{\text{опт}}$, за якої кількість викидів мінімальна. При зменшенні або збільшенні швидкості відносно $V_{\text{опт}}$ кількість викидів збільшується. Так, в режимі холостого ходу K_6 збільшується в 4–5 разів. Дана залежність може бути апроксимована функцією:

$$f(x_2) = D - a \cdot \exp(b_1 \cdot x_2 + c_1) \times \exp[-(b_2 \cdot x_2 + c_2)],$$

де D — максимальна кількість викидів (холостий хід), $a = k_{\text{max}} - k_{\text{min}}$; b_1, b_2, c_1, c_2 — коефіцієнти формування кривої (задаються виходячи з параметрів автомобілів).

Функціональна залежність кількості викидів від крутості схилу має наступний вигляд:

$$f(x_3) = \exp(b_3 x_3),$$

де b_3 — коефіцієнт формування кривої (задається виходячи з параметрів автомобілів).

При визначенні залежності рівня концентрації викидів від кількості атмосферних опадів враховувалось, що це один з небагатьох чинників, вплив якого зменшує кількість викидів в придорожній смузі, за умови, що ділянка знаходиться на схилі. Таким чином, функціональна залежність має наступний вигляд:

$$f(x_4) = \exp(-b_4x_4 + c_4),$$

де b_4, c_4 — коефіцієнти формування кривої (задаються виходячи з крутизни схилу і кількості опадів).

Під впливом напрямку і сили вітру відбувається рознесення викидів і зміщення зони забруднення. Знос викидів залежно від швидкості вітру можна описати лінійною функцією, що матиме наступний вигляд:

$$f(x_5) = kx_5,$$

де k — показник, що характеризує силу вітру.

І останнім з чинників, що урахувались, є чинник наявності лісосмуги. Наявність, а так само клас лісосмуги значно зменшують зону забруднення. Таким чином, дана залежність може бути описана наступною функцією:

$$f(x_6) = \exp(-b_6x_6) + d.$$

Після визначення виразів, що визначають функціональні залежності впливу кожного з розглянутих чинників на рівень забруднень і отримання значення інтегрального показника впливу сукупності чинників, побудуємо формулу визначення додаткового забруднення, що визначаємо переважно вищезгаданими чинниками [16, 17].

$$\Delta P_{pb} = \left[\frac{\partial f}{\partial x_1} K_{\text{авт}} + \frac{\partial f}{\partial x_2} V_{\text{авт}} + \frac{\partial f}{\partial x_3} R + \frac{\partial f}{\partial x_4} O + \frac{\partial f}{\partial x_5} N_{\text{в}} + \frac{\partial f}{\partial x_6} L \right] \times 1,87,$$

де $f(x_1) = (k_1 + k_2) \cdot x_1$; $f(x_2) = D - a \cdot \exp(b_1 \cdot x_2 + c_1) \times \exp[-(b_2 \cdot x_2 + c_2)]$;

$f(x_3) = \exp(b_3x_3)$; $f(x_4) = \exp(-b_4x_4 + c_4)$; $f(x_5) = kx_5$;

$f(x_6) = \exp(-b_6x_6) + d$.

Визначимо правочинність складеного рівняння. Повний диференціал (сума часткових похідних) визначає швидкість накопичення забруднення за сукупністю впливу вказаних чинників. Знак «плюс» між частковими похідними має місце,

оскільки йдеться про роботу в єдиному полі. Вагові коефіцієнти, отримані за алгоритмом Флойда з графа посилень, є скалярами, і при множенні на них жодних змін фізичного характеру не відбувається. Множення повного диференціала на інтегральний показник сукупності комбінаторних множин є об'єктивним посиленням впливу чинників, заснованих на комбінаторному поєднанні нечітких ситуацій [18, 19].

Таким чином, кінцева формула для розрахунку кількості забруднень за добу матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 P_{\Sigma} &= N \cdot \sum_{i=1}^N \prod_{i=1}^N P_{pb} \cdot \Delta P_{pb} = \\
 &= 1,87 \cdot N \cdot \sum_{i=1}^N \prod_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_{1_i}} K_{\text{авт}} + \frac{\partial f}{\partial x_{2_i}} V_{asm} + \frac{\partial f}{\partial x_{3_i}} R + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial f}{\partial x_{4_i}} O + \frac{\partial f}{\partial x_{5_i}} N_e + \frac{\partial f}{\partial x_{6_i}} L \right] \times P_i R_i G_i M_i.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\Sigma} &= N \cdot \sum_{i=1}^N \prod_{i=1}^N P_{pb} \cdot \Delta P_{pb} = \\
 &= 1,87 \cdot N \cdot \sum_{i=1}^N \prod_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial ((k_1 + k_2)x_{1_i})} K_{\text{авт}} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial f}{\partial [D - a \cdot e^{b_1 \cdot x_2 + c_1} \cdot e^{b_2 \cdot x_2 + c_2}]} V_{asm} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial f}{\partial [e^{b_3 x_3}]} R + \frac{\partial f}{\partial [e^{-b_4 x_4 + c_4}]} O + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial f}{\partial [kx_5]} N_e + \frac{\partial f}{\partial [e^{-b_6 x_6} + d]} L \right] \times P_i R_i G_i M_i,
 \end{aligned}$$

де N — інтенсивність руху на даній дорозі; M_i — вірогідність проїзду даної марки машини; P_j — вміст добавки свинцю в паливі, вживаному на автомобілі даного типу; R_j — вірогідність використання даної марки бензину.

Розроблена методологія є одним зі способів видачі попереднього прогнозу розповсюдження забруднень з урахуванням збурюючих чинників за наявності апріорних даних. В даній методології враховуються сукупність чинників впливу на рівень концентрації забруднень і отримані емпіричним шляхом функціональні залежності впливу кожного зі збурюючих складових на рівень забруднення. Побудована модель взаємодії встановлених чинників у вигляді графа взаємодії характеризує причинно-наслідкові відносини.

* * *

1. Пшенин В.Н. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей // Труды Всероссийского научно-практического семинара «Экологизация автомобильного транспорта», МАНЭБ / В.Н. Пшенин. — СПб., 2003 г., С. 83—88.

2. Транспорт и окружающая среда / М.Л. Красовицкая, М.Т. Дмитриев, Т.А. Кулеш, С.Я. Барихин. — Гигиена и санитария, 1984, № 9. — С. 9—11.

3. Владимиров А.М. и др. Охрана окружающей среды / А.М. Владимиров и др. . Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1991.

4. Евгеньев И.Е. Автомобильные дороги в окружающей среде / И.Е. Евгеньев, Б.Б. Каримов. — М.: ООО Транснаука, 1997. — 285 с.

5. Автотранспортное загрязнение придорожной территории / В.П. Подольский, В.Г. Артюхов, В.С. Турбин, А.Н. Канишев. — Воронеж.: Воронежский университет, 1999. — 263 с.

6. Найман С.М. Образование производственных отходов в жизненном цикле дороги / С.М. Найман. — Экология и промышленность России, 2004, № 8. — С. 35—39.

7. Болбас М.М. Основы промышленной экологии / М.М. Болбас. — М.: Высшая школа, 1993.

8. Малышева А.Г. Гигиеническая оценка фотохимической трансформации выхлопных газов автомобилей под действием озона / А.Г. Малышева. — Гигиена и санитария. 1993. № 9. — С. 6—8.

9. Ореолы рассеяния тяжелых металлов на территории, прилегающей к автомагистрали / А.И. Макарова, С.Ф. Полунин, Н.П. Ильин,

Ф.И. Славин. — Гигиена и санитария, 1993, № 7. — С. 63—64.

10. Скибинская А.А. Локальный экологический мониторинг загрязнения окружающей среды от автомобильно-дорожного комплекса / А.А. Скибинская. — Казань, 2002. — 201 с.

11. Подольский В.П. Методика определения коэффициента экологической безопасности / В.П. Подольский. — Автомобильные дороги, 1995, № 1—2. — С. 31—33.

12. Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш.М. Дейвис, Д.Я. Ландгребе, Т.Л. Филлипс и др. — М.: Недра, 1983. — 415 с.

13. Бутенко О.С. Комплексный подход к дешифрированию снимков по данным космического мониторинга / О.С. Бутенко, С.И. Березина, Г.Я. Красовский. — Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, К., 2008. — Вип. 1. — С. 23—41.

14. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. — Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. — 352 с.

15. Алексеев А.В. Применение нечеткой математики в задачах принятия решений / А.В. Алексеев / В сб.: Методы и системы принятия решений. — Рига: РПИ, 1983 — С. 38—42.

16. Иванов С.А. Стохастические фракталы в информатике / С.А. Иванов / Научно-техническая информация. Сер. 2, 2002. — 8. — С. 7—18.

17. Бутенко О.С. Анализ возможности прогнозирования распространения аномалий по данным космического мониторинга / О.С. Бутенко // Системи обробки інформації: Зб. наук. праць / М-во оборони України, Х., 2008. — Вип. 5(72). — С. 38—44.

18. Бутенко О.С. Механизм построения кратковременного прогноза по априорным данным. Системи управління, навігації та зв'язку / О.С. Бутенко. — К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, 2008. — Вип. 3(7), — С. 37—40.

19. Брайчевський С.М. Современные информационные потоки: актуальная проблематика / С.М. Брайчевський, Д.В. Ландэ // Научно-техническая информация. Сер. 1, 2005. — 11. — С. 21—33.

Отримано: 25.04.2009 р.

УДК 504.501

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ВЗДОВЖ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*В.І. Клименко, канд. техн. наук
(Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України);*

*В.М. Порев,
(Інститут землевпорядкування та
інформаційних технологій при НАУ);
О.М. Трофимчук, д-р техн. наук, проф.
(Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України)*

Проведено моделювання та визначено території поширення забруднюючих речовин вздовж автомобільних доріг шляхом програмування та використання геоінформаційної системи «ОКО». В результаті отримано шкалу забруднення вздовж автомобільних шляхів на обраній ділянці з урахуванням різних показників.

Проведено моделирование и определены территории распространения загрязняющих веществ вдоль автомобильных трасс методом программирования и использования геоинформационной системы «ОКО». В результате получено шкалу загрязнения вдоль автомобильных дорог на выбранном участке с учетом различных показателей.

Carried out simulation are determined the territories of the propagation of pollutants along the automobile routes, by the method of programming and using the geo-information system "EYE". As a result obtained the scale of pollution along the motor roads in the selected section, using different indices.

Постановка проблеми. Ситуація із сталим забрудненням довкілля, що склалася у великих містах, має загрозливий стан. Близько 70—80% загальноміських забруднень у м. Києві складають викиди автотранспорту. У 2001 році від загальної кількості забруднювальних викидів з 172,9 тис. т частка автотранспорту

склала 145,2 тис. т, що сягає більше 80%. Найбільш забруднені є ділянки вздовж автомагістралей та на великих перехрестях, де спостерігається перевищення ГДК двоокису азоту, бенз(а)пірену, свинцю та інших речовин. Внаслідок кількісного зростання автомобільного транспорту екологічна ситуація з кожним роком значно погіршується, лише за останні 10 років їх кількість зросла у декілька разів [1]. При використанні транспортних засобів з відпрацьованими газами виділяються токсичні речовини, підвищується рівень шуму, відбувається забруднення ґрунтів та водоймищ різними шкідливими речовинами [2, 3].

Природному середовищу наносяться суттєві збитки внаслідок негативної екологічної ситуації в транспортній системі. За різними даними, забруднення важкими металами (свинцем, хромом, нікелем та ін.) характерне для прилеглих територій вздовж доріг від 50 до 200 метрів, на яких вміст важких металів перевищує ГДК в кілька разів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При визначенні кількості викидів від автотранспорту та оптимальних параметрів зелених насаджень вздовж доріг в задачах охорони земель І.Г. Магоне та А.В. Тейванс [5] проводили біоіндикацію поширення продуктів емісії автотранспорту в залежності від типу та висоти зеленої загорожі. Для цього авторами відбиралися проби снігу та визначалася сумарна фітотоксична дія накопичення в снігу продуктів емісії, експонувалися пакети з сорбентом (сфагнові мохи) та проводилися на них біоіндикації забрудників, бралися проби повітря і визначався його фітотоксичний вплив. Інші автори проводили дослідження вздовж автодоріг Рига—Псков та Рига—Єлгава—Єлея. Проби відбиралися перед загорожею з щільно насаджених ялинок (15—17 метрів від полотна дороги), за нею (16—18 метрів від полотна дороги) та на відстані 40, 60 та 100 метрів від полотна дороги.

Постановка завдання. Використовуючи сучасні геоінформаційні системи (ГІС), змоделювати поширення забруднення від автомобільних доріг та побудувати карту оцінки просторового розподілення значень функції, яка б враховувала оверлейне накладання довільної кількості шарів.

Матеріал дослідження та наукові результати. На базі сучасної ГІС «ОКО» було промодельовано забруднення вздовж авто-

доріг на прикладі ділянки траси Київ — Одеса. При проведенні цієї роботи виконано дві основні дії: створення файлу Wind_preference.atm та Avto_zabr.atm. Перша створює 8 шарів рози вітрів інтерпольованих значень проценту повторюваності по кожному напрямку за даними метеостанцій Київської області. В результаті визначається переважаючий напрям вітру на будь-якій ділянці Київської області (рис. 1, 2).

Друга дія моделює забруднення доріг — створюються шари віддаленості забруднення для автомагістралей та другорядних доріг окремо. Далі ці шари перетворюються в рівні забруднення, які розраховуються за рівнянням

$$1/R \cdot 0,01 + 1,$$

де R — значення віддаленості від осі дороги. Сумарне забруднення визначається складанням шарів автомагістралей та другорядних доріг, шляхом оверлейного накладання шарів: Авт + Др. $\cdot 0,5$. Складаються 8 шарів напрямку вітру по відношенню до дороги і моделюється здування забруднення вітром. Кожен зі зміщених шарів оверлейно перемножується на шар повторюваності у відсотках. Так враховується неоднаковість рози вітрів в межах аналізованої території автомагістралі. Потім оверлейно додаються вісім шарів забруднення зміщеним вітром. Отримані результати наводяться у шарі «Ітог» (рис. 3). Проводилося програмування накладання шарів зміщення вітром, напрямку вітру та забруднення від доріг. Створили програму для восьми напрямків (Пн, Пд, Зх, Сх, ПдЗх, ПдСх, ПнЗх, ПнСх) і отримали 8 програм, за допомогою яких проводиться моделювання поширення забруднення на визначеній території (рис. 4).

Висновки та перспективи. Картографічні моделі цього класу можуть бути корисними при екологічних експертизах проектів модернізації транспортних мереж або об'єктів цивільного будівництва в зонах впливу викидів автомобільного транспорту, плануванні заходів по мінімізації їх негативного впливу на довкілля. В таких додатках інформативність запропонованих моделей можна суттєво підвищити, якщо визначити вміст складових викидів у декількох пробах ґрунтів і фітоценозів, відібра-

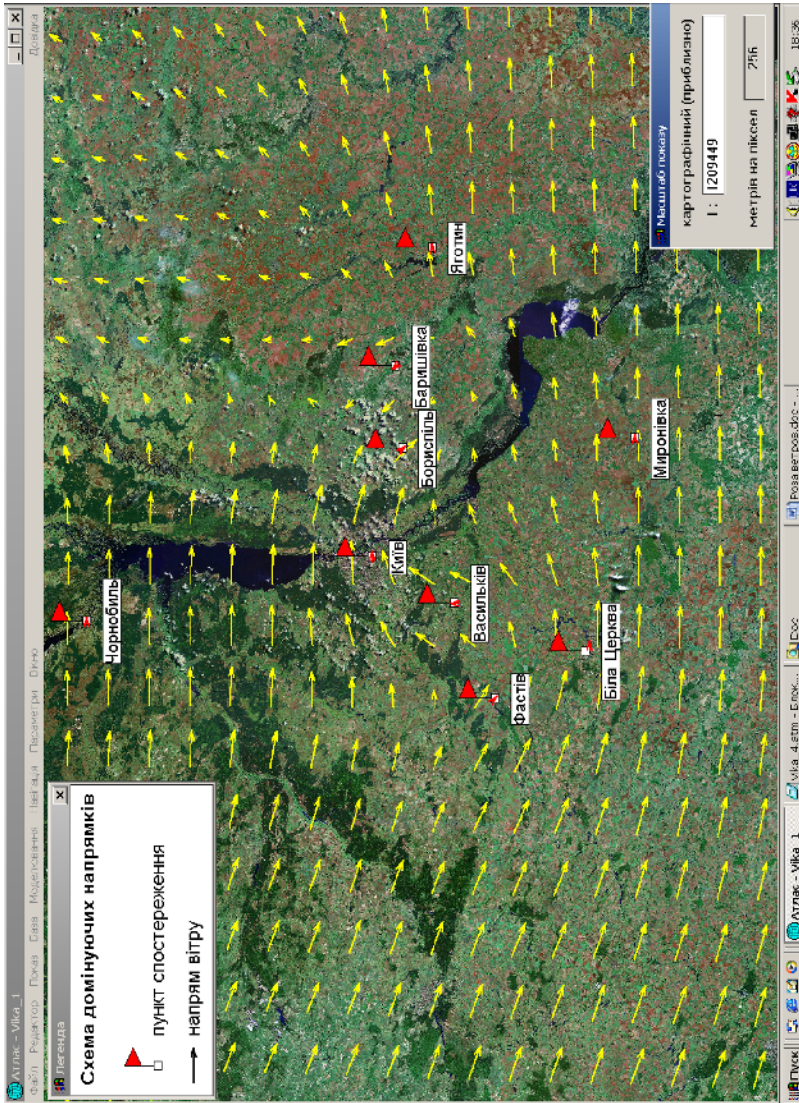


Рис.1. Схема домінуючих напрямків у Київській області за пунктами спостережень

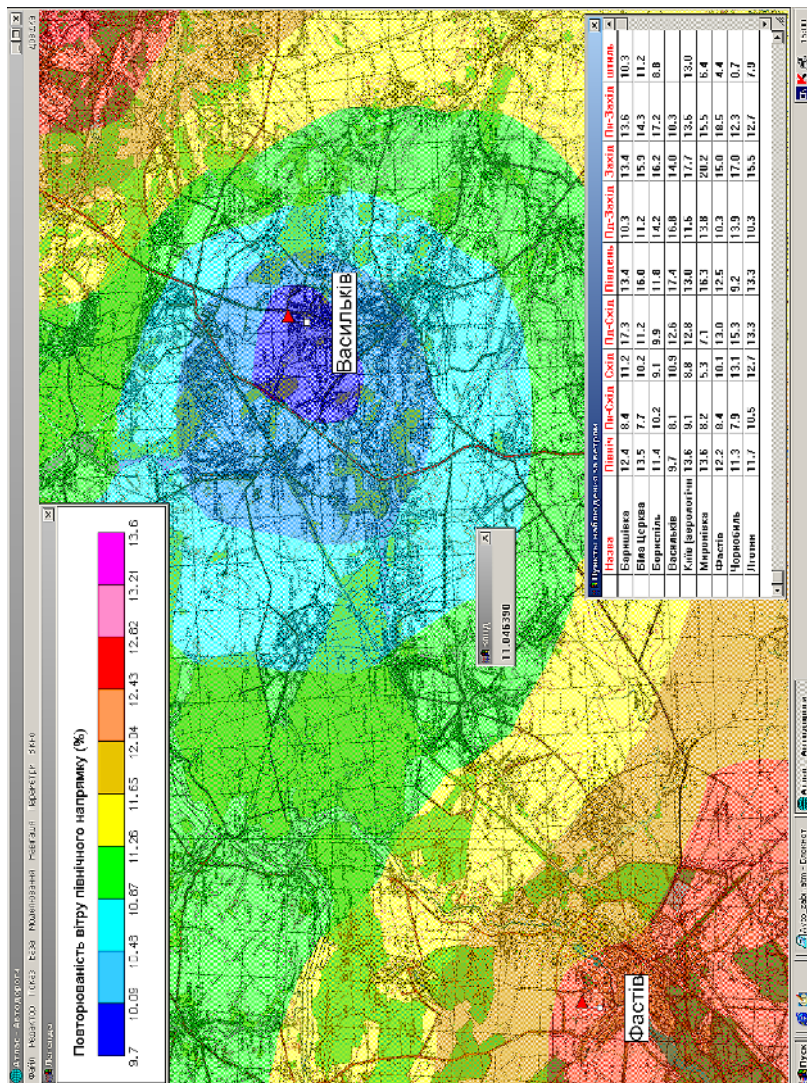


Рис. 2. Повторюваність вітру у північному напрямку

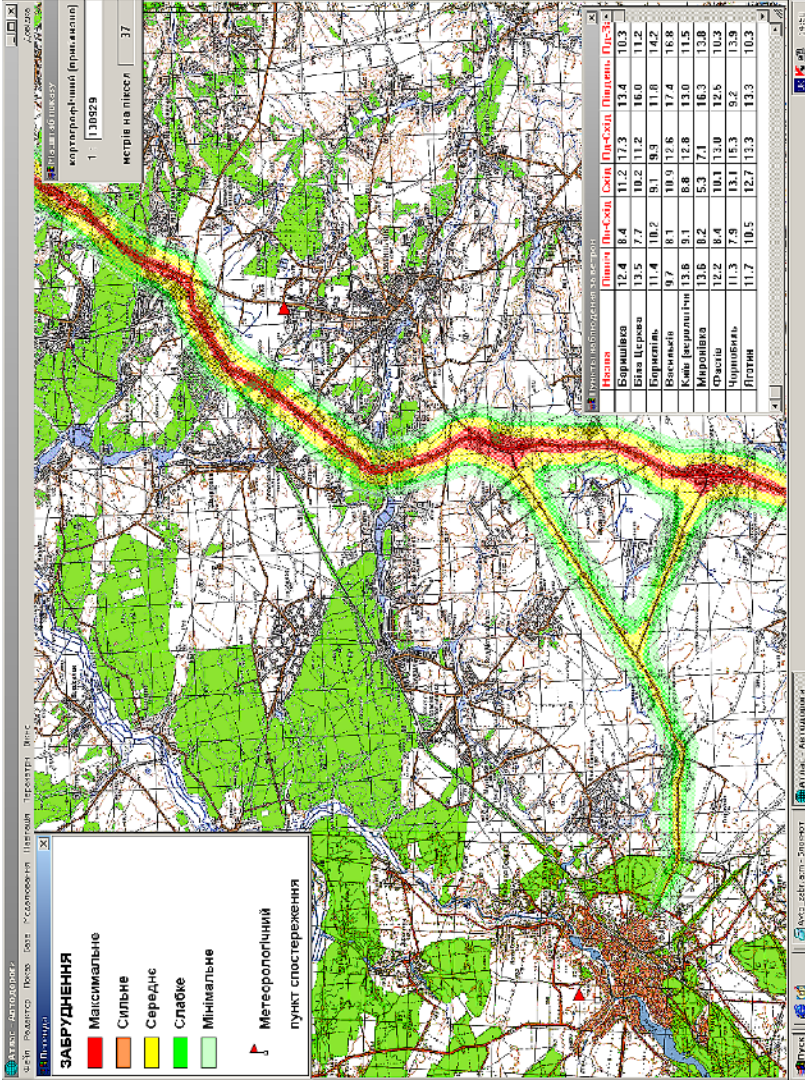


Рис. 3. Поширення забруднення вздовж доріг на карті Київської області

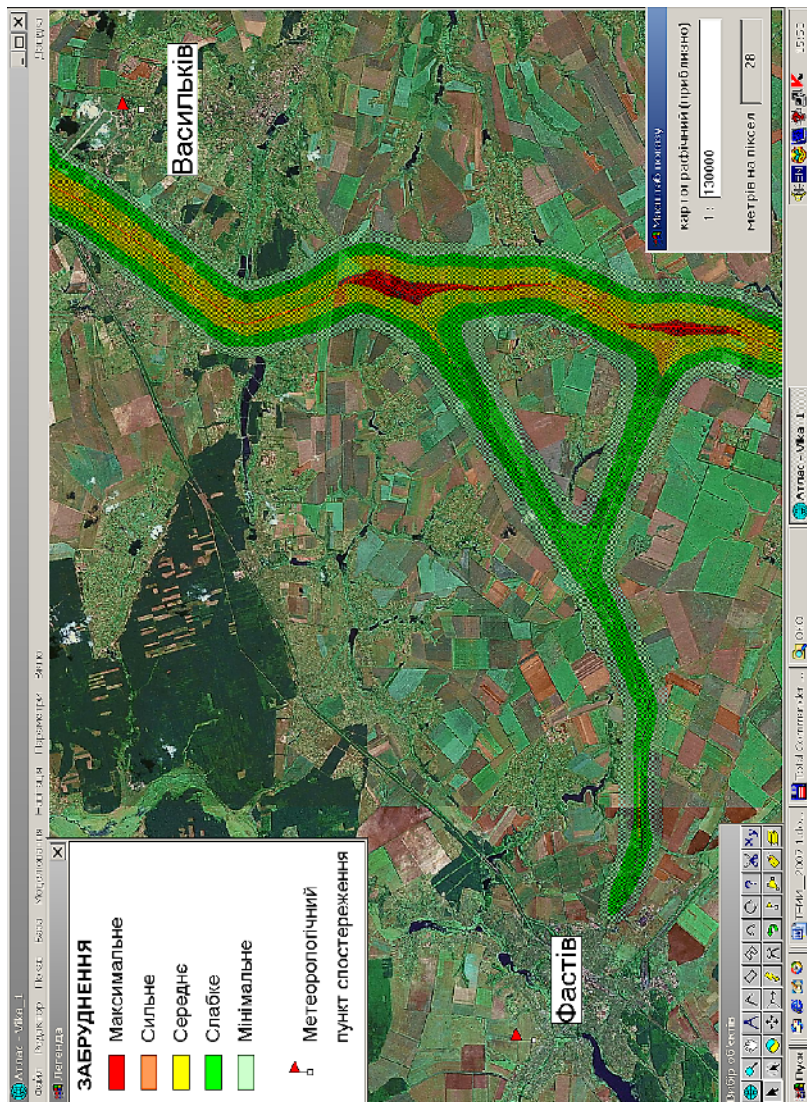


Рис. 4. Поширення забруднення вздовж доріг на космічному знімку

них з шагом 10—20 м від полотна дороги. Апроксимуючи отриману послідовність вимірів, наприклад, нормальним законом розподілу випадкових величин, можна визначити межі земель з вмістом забруднюючих речовин, що перевищують відповідні ГДК.

Для виконання даної роботи застосовано сучасні геоінформаційні технології для вирішення питань, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища лінійними джерелами викидів, такими, як автомобільні дороги. Запрограмовано поширення забруднення вздовж автомобільних доріг з урахуванням різних факторів, та накладаючи різні шари інформації в ГІС, отримали поширення забруднення на ділянці траси. Отримано висновок, що розроблені технології та картографічні моделі є досить ефективними при визначенні найбільш уражених земельних площ вздовж автомобільних доріг.

* * *

1. Родзевич Н.Н. Геоэкология и природопользование / Н.Н. Родзевич. — М.: Дрофа, 2003. — 256 с.
2. Гавриленко Б.Б. Соціальна екологія / Б.Б. Гавриленко — Запоріжжя: «Дике поле», 2001. — 240 с.
3. Желтобрюхов В.Ф. Основы экологии и охраны окружающей среды / В.Ф. Желтобрюхов, Н.В. Мензелинцева, Д.В. Беломутенко. — Волгоград: ВолгГАСА, 2000. — 178 с.
4. Корабльова А.І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища / А.І. Корабльова. — Дніпропетровськ, «Поліграфіст», 1999. — 253 с.
5. Магоне И.Г. Значение защитных насаждений для оздоровления окружающей среды / И.Г. Магоне, А.В. Тейванс // Воздействие выбросов автотранспорта на природную среду. — Рига: Зинатне, 1989. — 140 с.

Отримано: 13.04.2009 р.

УДК 614.186 681.51

МОНІТОРИНГ ЛЬОДОВОЇ ОБСТАНОВКИ АЗОВСЬКОГО МОРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (ДЗЗ)

В.Ю. Вишняков;

О.С. Можаровський

*(Центр прийому і обробки спеціальної інформації
та контролю навігаційного поля, м. Дунаївці)*

Авторами пропонуються результати досліджень та аналіз можливості використання даних ДЗЗ, що приймаються в Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (ЦПОСІ та КНП) для створення динамічних карт льодової обстановки в навігаційний, осінньо-зимовий та весняний періоди.

Авторы предлагают результаты исследований и анализ возможностей использования данных ДЗЗ, которые принимаются в Центре приёма и обработки специальной информации и контроля навигационного поля (ЦПОСИ и КНП) для создания динамических карт ледниковой обстановки в навигационный, осенне-зимний и весенний периоды.

Authors offer results of researches and the analysis of possibilities of use of data RZE, which are accepted in the Center of reception and processing of the special information and the control of a navigating field (CRPSI and CNF) for creation dynamic cards of glacial conditions in navigating periods: autumn-winter and spring.

Вступ

Важливість інформації про стан і товщину крижаного покриву, динаміку змін очевидна як для наукових досліджень, що стосуються питань взаємодії морів і атмосфери, так і для вирішення практичних завдань:

- забезпечення підводної і надводної навігації;
- побудови бурових платформ в районах нафтового і газового промислу на шельфах морів;

© В.Ю. Вишняков, О.С. Можаровський, 2009

- забезпечення безпеки в районах судноплавних трас і рибного промислу;
- проектування прибережних споруд;
- проводки кораблів в складних льодових умовах;
- забезпечення робіт нафтогазового комплексу;
- оперативного реагування на надзвичайні ситуації та ін.

Для стеження за зміною льодової обстановки в морях за результатами обльоту складають льодові карти. У зв'язку з недоліками цього методу (висока вартість; залежність від польотних умов) доцільне використання методів дистанційного зондування з космосу, який є особливо актуальним для України.

Основними перевагами космічної зйомки є повторюваність надходження інформації і оперативність обробки. Аналіз світових методів дозволить створити алгоритм оброблення, який дозволяє відрізнити кригу від хмар і розділяти її по згуртованості.

Теоретичні основи

На сьогоднішній день у світовій практиці серед льодових карт, що формуються за космічними знімками, виділяють:

- великомасштабні карти і плани стану льодового покриву масштабу 1 : 100 000 і крупніше на обмежених територіях (у затоках, протоках, портах);
- оперативні льодові карти масштабу 1 : 200 000 — 1 : 300 000;
- оглядові льодові карти (середньомісячні, середньодекадні), що відображають стан крижаного покриву на просторі декількох морів (відповідають масштабу 1:7 500 000 і дрібніше). Вони призначаються для наукового дослідження при розробці льодових прогнозів;
- спеціальні карти, що характеризують режим льоду. До них відносяться карти вірогідності переважання льоду того або іншого віку, карти середнього і екстремального положення кромки і меж льоду, карти разруйнованості і т.п. На цих картах в узагальненому вигляді представляються результати обробки первинних оглядових і оперативних льодових карт (рис. 1).

В останнє двадцятиріччя в Україні картування льодової обстановки здійснюється Морським гідрофізичним інститутом (МГІ) на основі даних американських штучних супутників

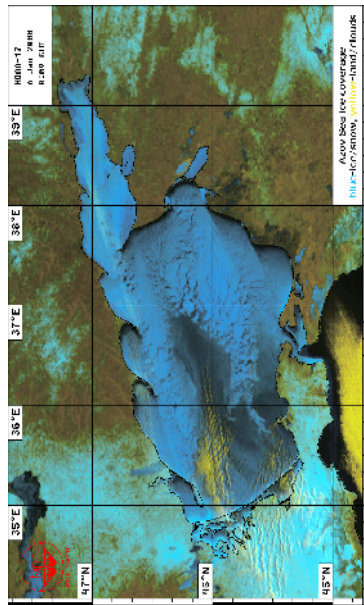
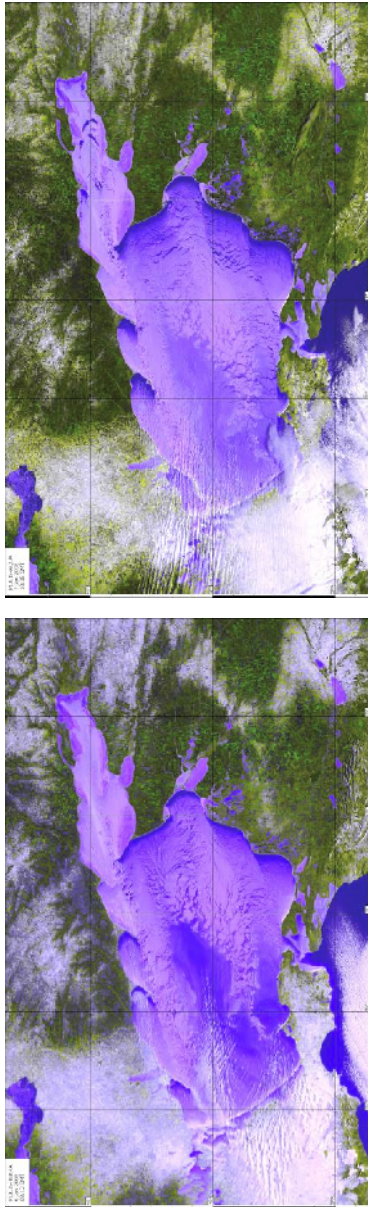


Рис. 1

Таблиця 1

Основні технічні характеристики апаратури ДЗЗ, що використовується для моніторингу льодової обстановки

Знімальна апаратура	Спектральні діапазони	Просторове розрізнення	Смуга огляду, км
МСУ-Э (Метеор)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,8—0,9 мкм	40 м	45
МСУ-СК (Океан)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8; 10,4—12,6 мкм	140x550 м	600
МСУ-Э (Ресурс)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,8—0,9 мкм	29 м	58
МСУ-СК (Ресурс)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8; 0,8—1,0; 10,4—12,6 мкм	130x170 м	710
MODIS (TERRA, AQUA)	36 каналів у діапазоні 0,54—14,3 мкм	250 м (2 канали), 500 м (5 каналів) і 1000 м (29 каналів)	2300
AVHRR (NOAA)	0,58—0,68; 0,725—1,00; 3,55—3,93; 10,3—11,3; 11,5—12,5 мкм	1,1 км	3000
ASAR	3,2 см	1,5—2 км	460

Землі (ШСЗ) TERRA, AQUA та супутників серії NOAA (США) (http://dvs.net.ua/mp/data/main_ru.shtml).

Найбільш використовувані при побудові льодових карт є ІЧ-діапазон AVHRR (NOAA) та мультиспектральні канали знімальної апаратури MODIS (TERRA, AQUA).

Основною проблемою використання космічних даних оптичного та ІЧ-діапазонів є наявність хмарності, яка перешкоджає суцільності проведення моніторингу підстильної поверхні. Цю проблему дозволяє вирішити використання радіолокаційних знімків (рис. 2). На відміну від інформації оптичного і інфрачервоного діапазонів, дані радіолокації є всепогодними (вони не залежать від освітленості і хмарного покриву). На зображеннях, радіолокації спостерігається достатній для упевненого дешифрування контраст між льодами різного віку.

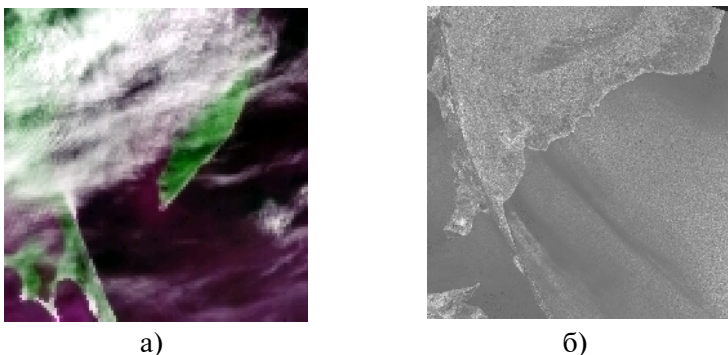


Рис. 2. Дані: а) оптичного діапазону; б) радіолокаційного

Основна частина

Дешифрування радіолокаційних даних методом візуального аналізу з врахуванням характерних текстурних, яскравісних та інших характеристик підстильної поверхні дозволяє чітко відрізнити межу лід — вода — берегова смуга (рис. 3). Якість та достовірність обробки та аналізу радарних даних залежать від теоретичного та практичного досвіду оператора, а також від якості вихідних даних, отриманих зі станції прийому даних РЛ.

Одним з недоліків космічних радіолокаційних даних є низька періодичність зйомки. Таким чином, доцільним є проведення комплексного оброблення даних (дистанційних та наземних спостережень) з врахуванням великих об'ємів практичних і експертних знань, невіддатливих формалізації, таких як:

- аналіз кліматичної мінливості характеристик крижаного покриву на даній акваторії;
- аналіз льодової обстановки, одержаної на основі даних космічної зйомки в попередній і досліджуваний період;
- аналіз гідрометеорологічної ситуації;
- досвід фахівця-дешифрувальника при визначенні межі між елементами карти льодової обстановки (кожен елемент карти може містити лід різної стійкості, різних вікових градацій і форм).

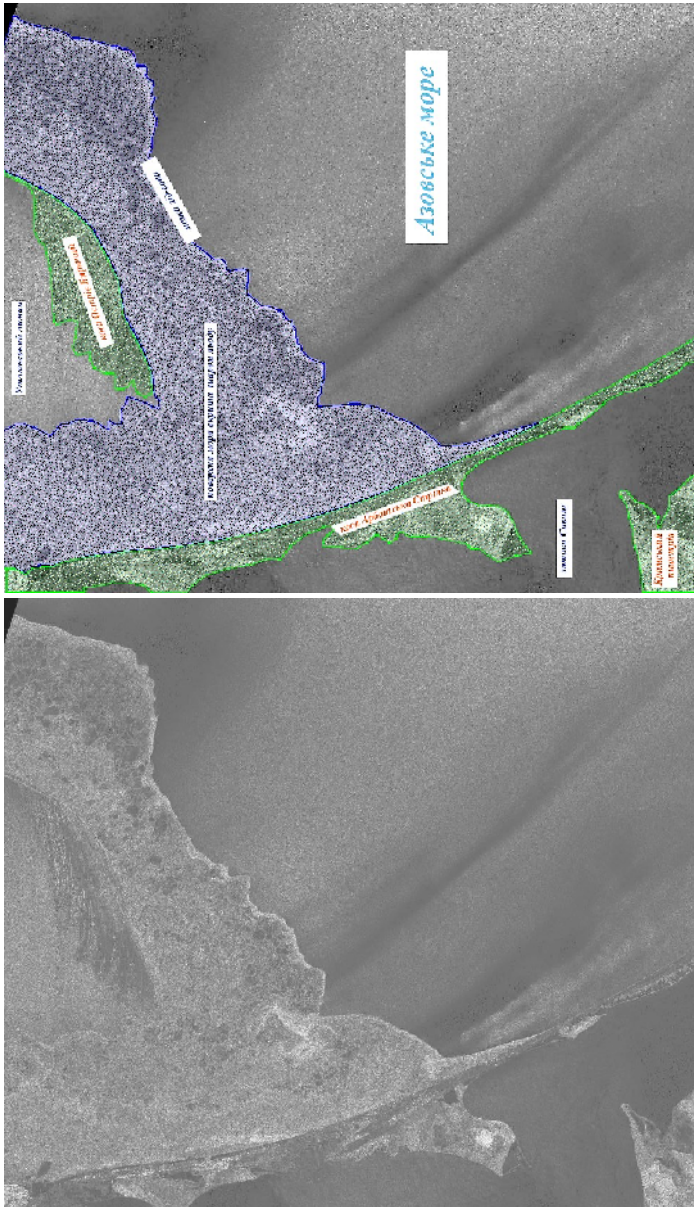


Рис. 3

Авторами розроблено та впроваджується алгоритм (рис. 4) для оперативного картування і вивчення довготривалих характеристик крижаного покриву (появи та сходи, динаміка, виникнення тріщин та розломів, розповсюдження по акваторії) за даними з пристроїв оптичних діапазонів.

Пропонується сумарно-різницевий метод порівняння відповідних індексів (NDVI, NDSI) та температури морської поверхні (SST) з подальшим створенням кінцевого інформаційного продукту (КІП) (рис. 5—6).

В результаті відпрацювання розробленого методу створюються тематичні карти льодового покриття Азовського моря (Додаток 1).

Для візуальної оцінки стану льодового покриття користувачем формуються як класифіковані, так і растрові карти (рис. 7).

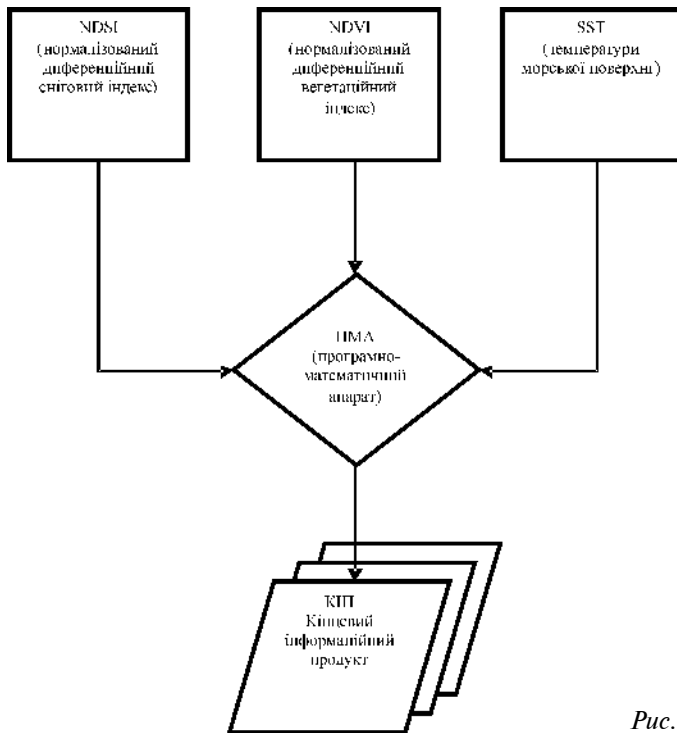


Рис. 4

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Космічний апарат: TERRA.
 Пристрій: MODIS.
 Дата зйомки: 09 січня 2008 року.
 Час зйомки: 00:33 (UTC).

Дата виконання: 13 березня 2008 року.
 Проекція: GCS_Russia_1942.
 Система координат: WGS 84.
 Крок сітки координат: 30'.

Усі права захищені. ЦПОС та КНП.
 Виконавці:
 Мокерський О.С.,
 Сластін С.О.

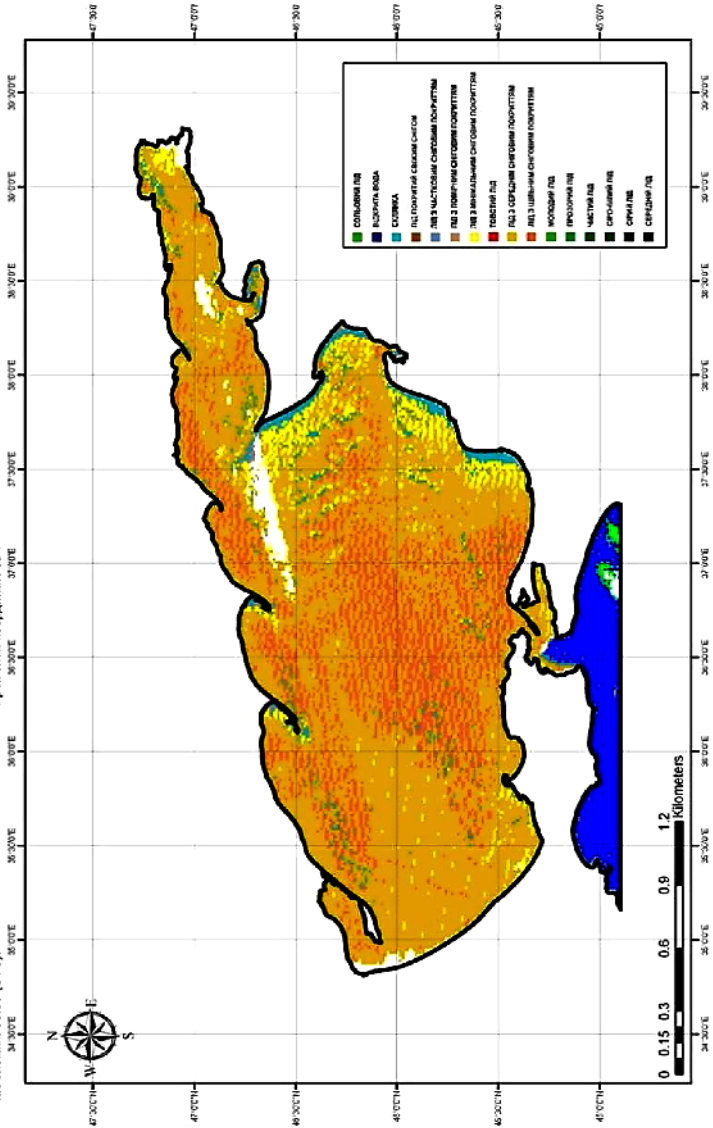


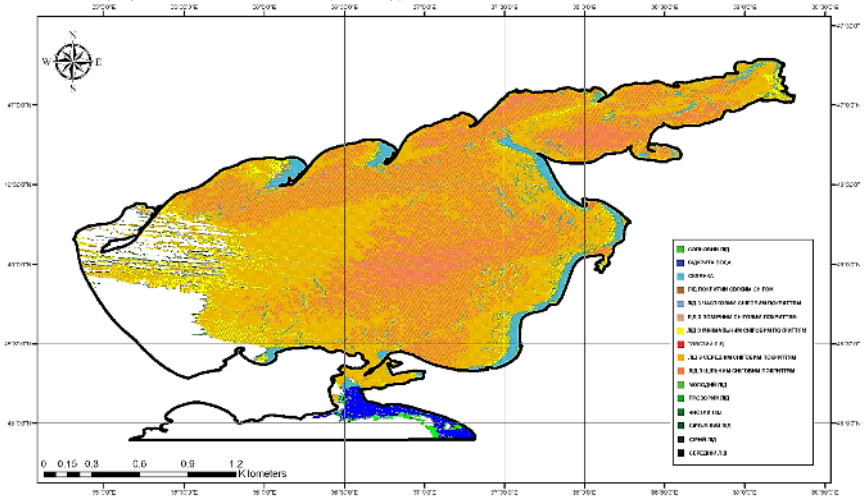
Рис. 5

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Базисний план: TERRA.
Проекція: MGRS.
Дата зйомки: 07 січня 2008 року.
Час зйомки: 08:46 (UTC).

Дата вивчення: 12 березня 2008 року.
Проекція: GCS_Russia_1942.
Система координат: UTM 84.
Крес ступа координат: 30°.

Укр. назва заказник: ЦПОСІ на КіП.
Виновай: Козарський О.С.,
Слапета С.О.



Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Базисний план: TERRA.
Проекція: MGRS.
Дата зйомки: 7 січня 2008 року.
Час зйомки: 08:46 (UTC).

Дата вивчення: 13 січня 2009 року.
Проекція: GCS_Russia_1942.
Система координат: UTM 84.
Крес ступа координат: 30°.

Укр. назва заказник: ЦПОСІ на КіП.
Виновай: Козарський О.С.,
Слапета С.О.

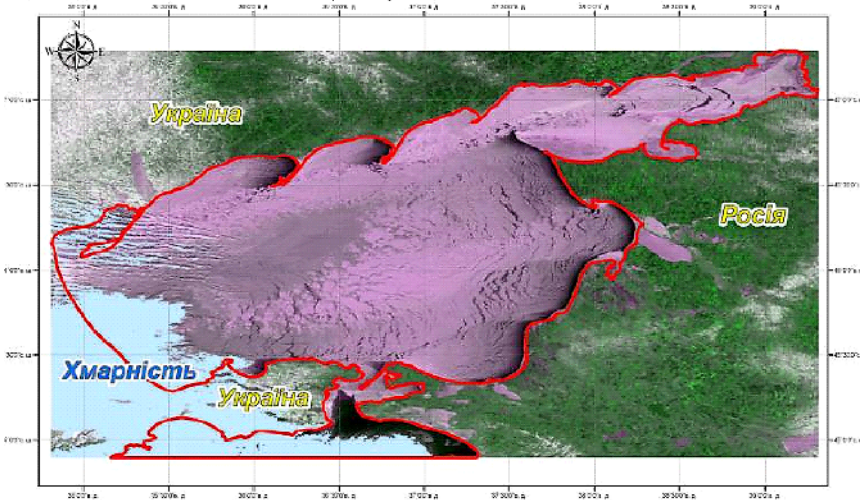
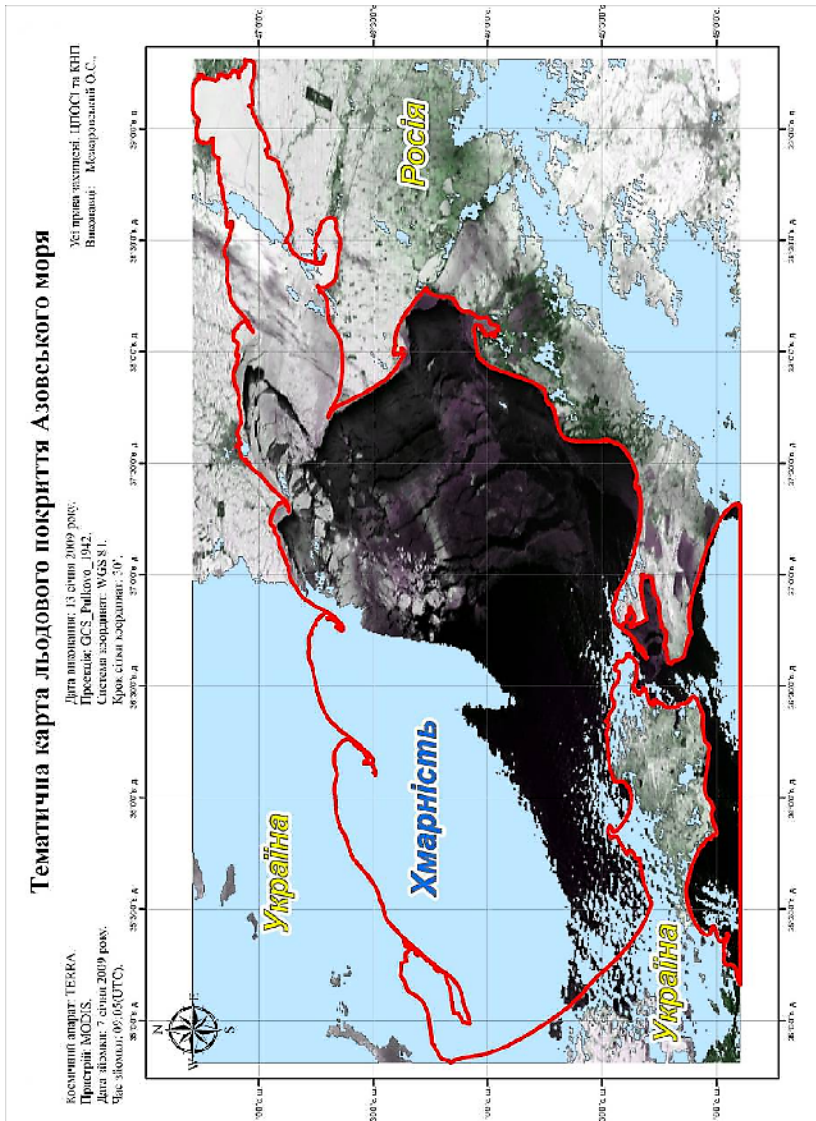


Рис. 7



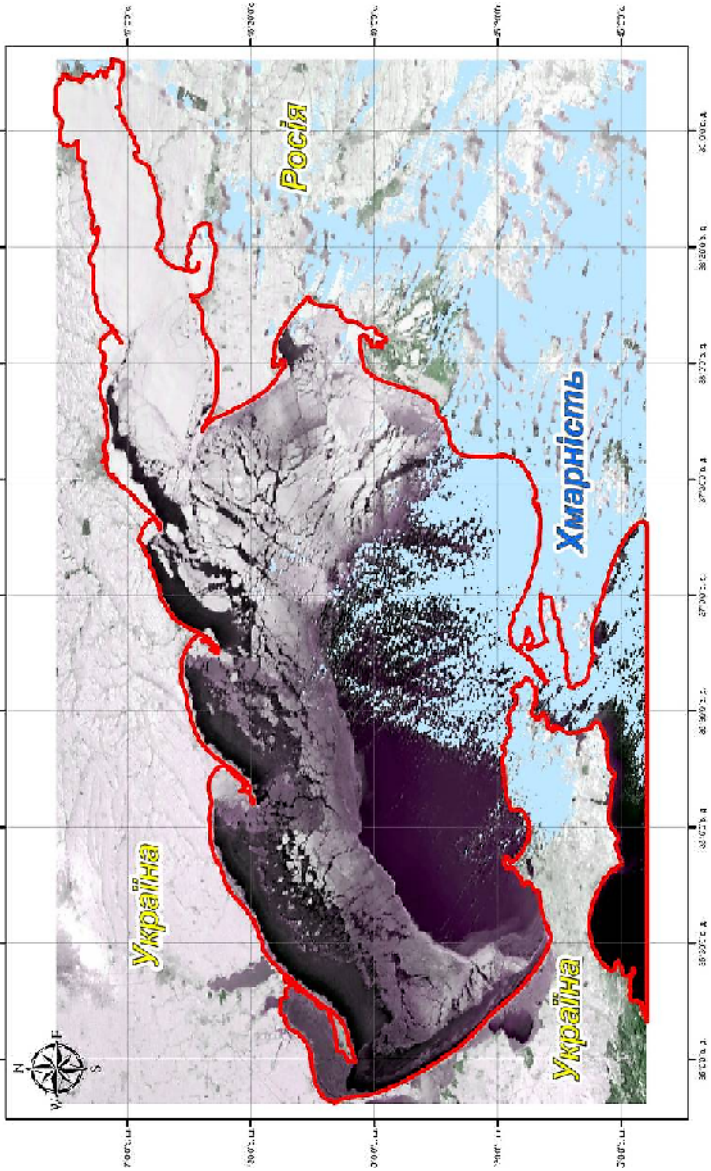
Продовження додатку 1

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Кодовий номер: ТБ/КА
Проект: МІСРІС
Дата зйомки: 9 липня 2009 року.
Центр координат: ЮСГСК.

Дані використані з сайту ДЮБ-Росія.
Проекція: UTM, Райсунг 194.
Система координат: УСКБ 31.
Екстремальне роздільне злі.

Усі права захищені ОРОСІ Т. ЯНД.
Випуск: Московський О. С.,



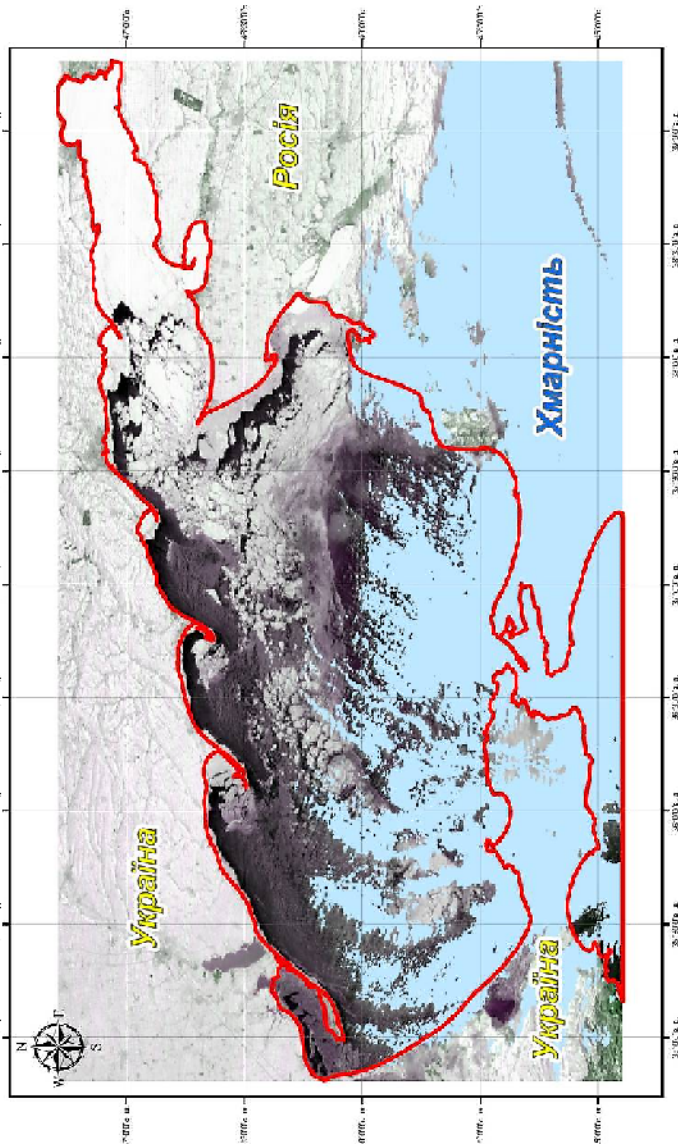
Продовження додатку 1

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Космічний знімок: ТМБГ
Проекція: МОРС
Датум відліку: 11 січня 2003 року
Чис. зони: 48U
Чис. зони: 38UTCS

Дата знімання: 13 січня 2003 року
Проекція: GCS_Russia_1949
Система координат: WGS 84
Курс: 0 градусів
Курс: 0 градусів

Хі права захисти: ШОСІ та ЗНІ.
Джерело: Моздокська ОЛС.

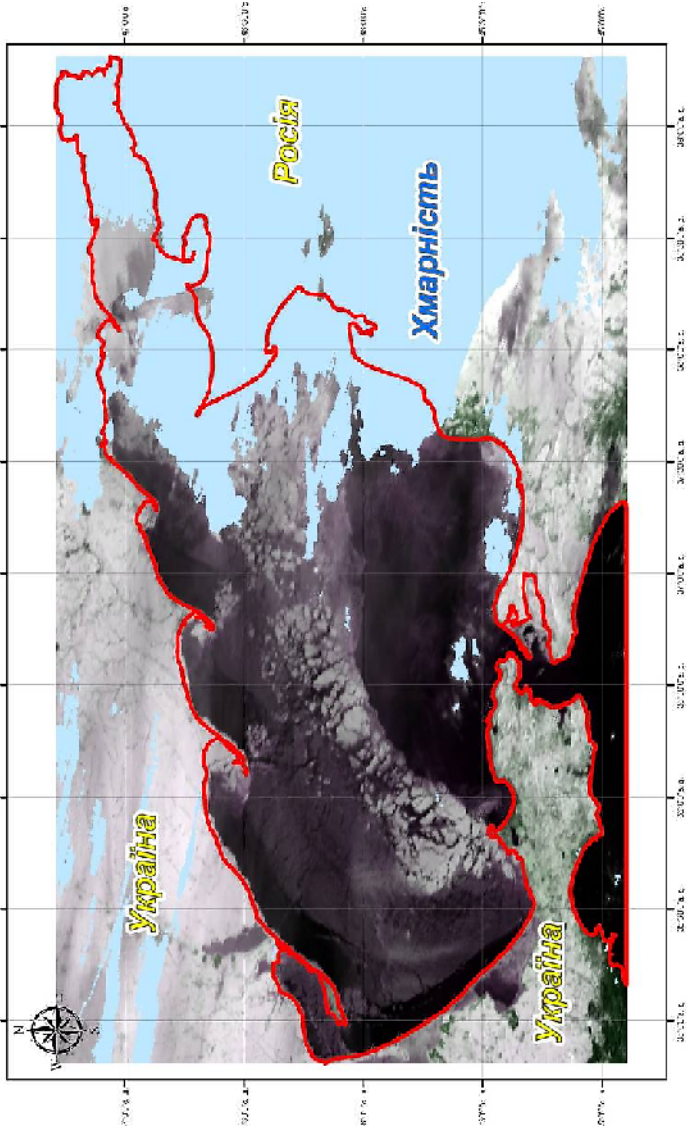


Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Дослідний інститут: ІНГЕНА
Проект: АОВІС.
Дата зйомки: 12 січня 2009 року.
Час зйомки: 09:20:00 UTC.

Дата вивчення: 12 січня 2009 року.
Проєкція: GCS_Pulkovo_1942
Система координат: WGS 84.
Масштаб: 1:1000000.
Метод: Діалект: 30.

Управління: ІНГЕНА
Розробник: Володимир П. П.



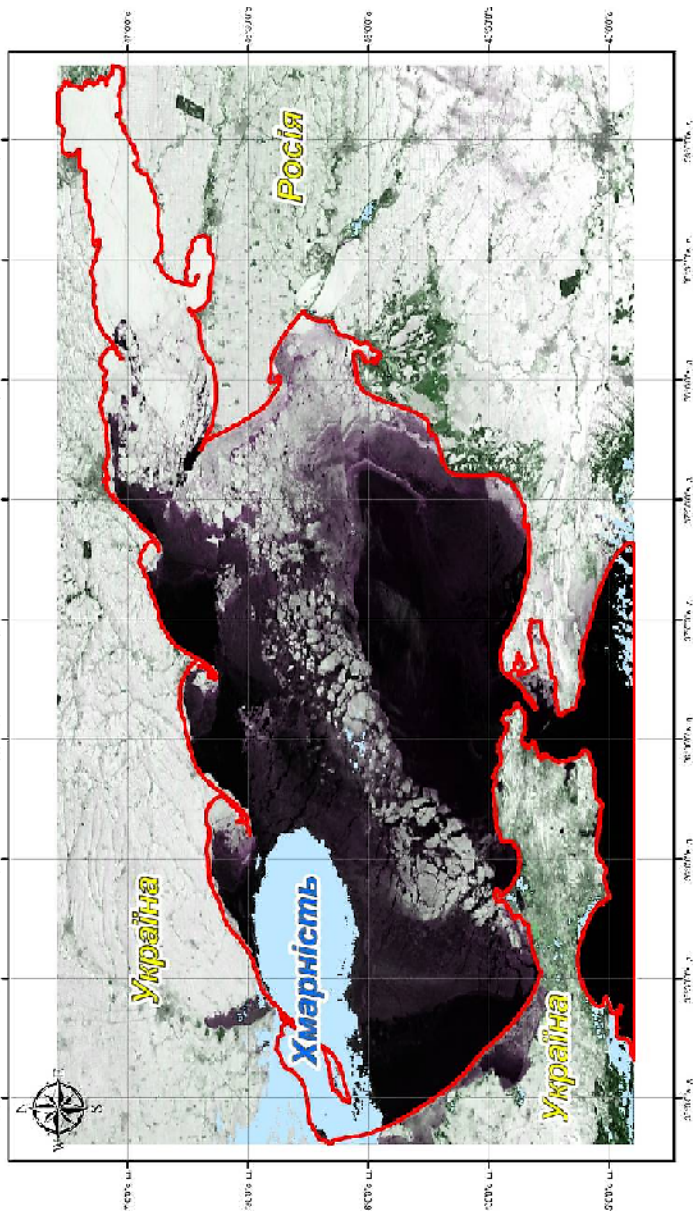
Продовження додатку 1

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Космічний апарат: TERRA
Інструмент: MODIS
Дата зйомки: 13 січня 2003 року.
Час зйомки: 06:45:01СХ

Векторна карта: 1:5000000 року
Проекція: GCS_WorldGeoid_1912
Система координат: WGS 84
Крок сітки: 1000000 м

Усі права захищені ЦПОС іт. ЗНД.
Виконавці: Моварозв'язки АС...

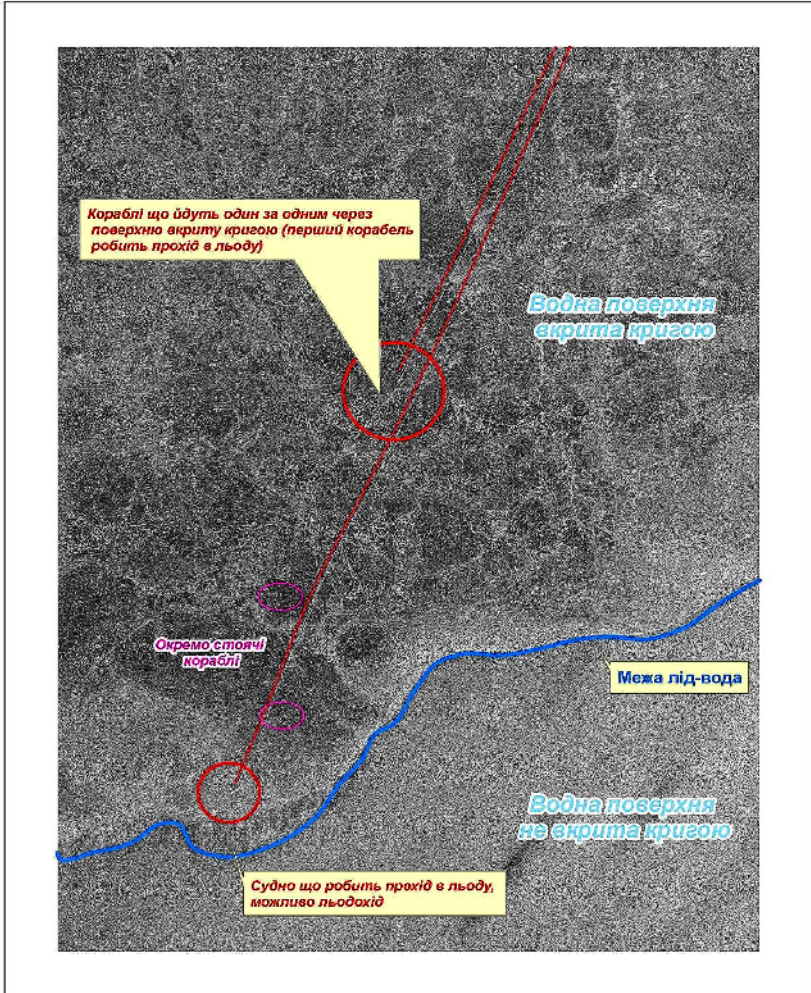


Льодове покриття Азовського моря за даними РЛС БО.

Космічний апарат:
Пристрій: ASAR.
Дата зйомки: 19 січня 2009 року.
Час зйомки: (UTC).

Дата виконання: 13 лютого 2009 року.
Проекція: GCS_Pulkovo_1942.
Система координат: WGS 84.
Крок сітки координат: 30'.

Усі права захищені. ЦПОСІ та КПІ.
Виконавці: Молжаровський О.С..



Висновок

Проведена робота:

- підтверджує можливість оперативного оброблення даних та формування кінцевого інформаційного продукту безпосередньо після прийому інформації ДЗЗ (на засобах ЦПОСІ та КНП);
- необхідність використання радіолокаційних даних для уточнення льодової обстановки при несприятливих метеоумовах та оцінки стану судноплавних шляхів (Додаток 2).

Аналіз отриманих карт показав, що станом на 2009 рік акваторія Азовського моря була більш відкрита від криги, ніж у 2008 році. Таким чином можливо передбачити, що кліматичні умови в цьому році сприяли більш інтенсивному судноплавству, а отже, й більшому техногенному навантаженню на акваторію.

На даний час продовжується тестування алгоритму з метою його вдосконалення та автоматизації з подальшим розміщенням результатів оброблення в мережі INTERNET (<http://dzz.gov.ua/>).

Актуальним питанням лишається валідація отриманих тематичних результатів за наземними, водними спостереженнями та даними авіаційної розвідки льодової обстановки.

Отримано: 18.03.2009 р.

УДК 661.832 (622.271.2:553.044)

ДИНАМІКА КОЕФІЦІЄНТА ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТІВ В ПРОЦЕСІ ВИЛУГОВУВАННЯ

Я.М. Семчук, д-р техн. наук, проф.;
Л.Я. Долішня
(Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу)

Розглянуто залежність коефіцієнта фільтрації засолених ґрунтів від їх гранулометричного складу. Дано класифікацію динаміки фільтрації залежно від типів порід.

Рассмотрена зависимость коэффициента фильтрации засоленных грунтов от их гранулометрического состава. Определена классификация динамики фильтрации в зависимости от типов пород.

The dependence of the filtration factor of salted soils on their granulometric composition has examined. The classification of the dynamics of filtration in the dependence on the types of species has determined.

Актуальність даної проблеми пов'язана з швидким розвитком будівельної галузі і проблемою безпеки об'єктів капітального та індивідуального будівництва. Одним з напрямків дослідження засолення ґрунтів в районі розташування калійних родовищ Прикарпаття, які можуть служити фундаментом під будівництво, є вивчення їх фільтрації в процесі вилуговування, зокрема, динаміка зміни коефіцієнта фільтрації.

Особливості фільтрації ґрунтів в умовах вилуговування вивчалися на зразках порід гіпсово-глинистої шапки калійних родовищ Східного Прикарпаття. Дослідження проводилися на зразках порід Стебницького і Калуш-Голинського родовищ. За гранулометричним складом породи гіпсово-глинистої шапки представлені пилуватими суглинками (від легких до важ-

ких) і глинами, що нерідко містять значну кількість великих уламків матеріалу. Вони відрізняються брекчійованим складом, часто пронизані тріщинами, заповненими солями і піщано-пилуватим матеріалом. Для порід гіпсово-глинистої шапки характерне значне, причому змішане засолення: вміст легко-розчинних солей коливається від 0,2 до 13%; гіпсу — від 2 до 70%; карбонатів — від 0,5 до 20%. Засоленість збільшується з глибиною.

Для фільтраційних досліджень були відібрані зразки з не-порушеною структурою і природною вологістю, з сумарним засоленням від 6 до 33%.

Вилуговування зразків проводилося в трубках Каменського при сталому тиску, встановленому для кожного зразка окремо, залежно від його водопроникності. Зразки порід шапки цілісного складу діаметром 7 см і заввишки 3 см закріплювалися в трубках за допомогою розплавленого парафіну, що повністю виключало пристінкову фільтрацію. Вилуговування зразків вироблялося з можливістю набухання, без навантаження, тобто в умовах, найбільш сприятливих для розвитку фільтрації. Зміна водопроникності ґрунтів вивчалася при фільтрації через зразки дистильованої води. У процесі вилуговування велися щоденні спостереження за зміною коефіцієнта фільтрації в часі і через певні проміжки часу, залежно від швидкості фільтрації, відбиралися проби фільтрату для хімічного аналізу. В результаті проведених досліджень було встановлено, що процес фільтрації ґрунтів гіпсово-глинистої шапки характеризується яскраво вираженою динамічністю, що полягає в зміні коефіцієнта фільтрації у часі. Динамічність процесу фільтрації для засолених ґрунтів пов'язана зі зміною структури ґрунту під час сольової суфозії. Протягом досліджень було встановлено чотири найхарактерніші типи динамічності процесу фільтрації: I — прогресуючий, II — змінний на етапах, III — циклічний і IV — затухаюча фільтрація.

Перший тип характеризується неперервним підвищенням водопроникності у процесі фільтрації і стабілізації коефіцієнта фільтрації після вимивання всіх солей до розмірів, що перевищують початковий коефіцієнт фільтрації у багато разів. На цьому етапі відбувається змочування зразка і незначне збільшен-

ня коефіцієнта фільтрації (тривалість першого етапу 1—15 діб).

Другий тип характеризується поетапною зміною коефіцієнта фільтрації, причому він збільшується різко (в 100—1000 разів) — для одних зразків і не так різко (в 2—10 раз) — для інших. Тривалість цього етапу складає 3—5 діб.

На третьому етапі йде більш або менш поступове зменшення коефіцієнта фільтрації. Третій тип процесу фільтрації відзначається вельми нестійкою фільтрацією, що виражається в чергуванні ряду циклів більш або менш різкого збільшення і падіння коефіцієнта фільтрації.

Четвертий тип характеризується поступовим зменшенням коефіцієнта фільтрації в порівнянні з початковим і відбувається його стабілізація, яка настає, зазвичай, через 30—100 діб.

Для досліджуваних ґрунтів найхарактернішими є II і III типи процесу фільтрації. Залежно від ступеня динамічності коефіцієнта фільтрації в межах окремих типів виділяються підтипи. Ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації в значній мірі залежить від режиму фільтрації. При відносно невеликих градієнтах тиску (=1—3) зміна його розтягнута в часі, при великих (=5—25) вона відбувається різкіше та швидше.

На ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації великий вплив мають структурні характеристики ґрунту, зокрема об'ємна вага та пористість. Чим менша об'ємна вага і більша пористість, тим різкіше змінюється коефіцієнт фільтрації. При близьких значеннях пористості, що мало місце у досліджуваних зразках, ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації більше залежить від характеру і інтенсивності сольової суфозії.

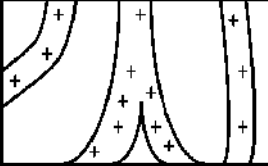
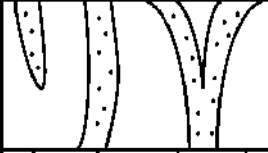

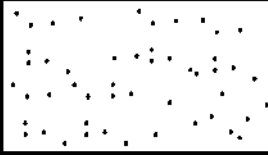
Характер сольової суфозії завдяки змішаному засоленню порід змінюється у процесі фільтрації таким чином. Спочатку спостерігається інтенсивне винесення легкорозчинних солей. За перші 5—10 діб виноситься 50—90% їхнього первинного змісту. Потім кількість солей, що виносяться, різко скорочується, і вилуговують головним чином гіпс і бікарбонати. Кількість гіпсу і бікарбонатів, що виносяться з ґрунту, знаходиться в прямій залежності від швидкості фільтрації, причому кількість бікарбонатів, що вилуговуються, дуже невелика. Щільний залишок у фільтраті на початку процесу фільтрації є максимальним, потім швидко знижується і стає постійним,

близьким до граничного розчинення гіпсу і бікарбонатів. Інтенсивність сольової суфозії має значний вплив на ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації. Максимальні коефіцієнти фільтрації спостерігаються звичайно при винесенні від 40 до 90% легкорозчинних солей і 1—3% гіпсу. Проте для різних зразків при однаковій інтенсивності сольової суфозії спостерігається різна картина, як динаміки процесу фільтрації, так і ступеня динамічності коефіцієнта фільтрації. Отже, тип динаміки процесу фільтрації і ступінь його динамічності не можна пояснити тільки інтенсивністю сольової суфозії.

У процесі дослідження структурно-текстурних особливостей зразків, що вилуговуються, виявилось, що відмінність в характері і ступені динамічності коефіцієнта фільтрації для цих зразків відповідає відмінності їх структурно-текстурних особливостей. Структурні дослідження порід гіпсово-глинистої шапки проводилися за методикою А.К. Ларіонова на зразках з непорушеною структурою. В результаті цих досліджень було встановлено, що для ґрунтів шапки найхарактернішими є п'ять структурно-текстурних типів: *A* — переважно цілісна структура з солями, рівномірно розподіленими в глинистій масі; *B* — цілісна структура з тріщинами, заповненими солями (в основному гіпсом); *B* — цілісна структура з тріщинами, заповненими зернисто-агрегативною і агрегативною масою; *Г* — цілісна структура із зонами зернисто-агрегативної і агрегативної маси; *Д* — переважно агрегативна і зернисто-агрегативна структура.

В межах окремих структурно-текстурних типів можна виділити ґрунти із вмістом легкорозчинних солей більше 3 і менше 3% і гіпсу — більше 7 і менше 7% (рис. 1). Дані структурно-текстурні типи ґрунтів з урахуванням їх засоленості добре узгоджуються з виділеними раніше типами динаміки процесу фільтрації.

Прогресуюча фільтрація є характерною для структурно-текстурного типу *Д*. В результаті вилугування солей і пов'язаного з цим зростання пористості в ґрунтах з агрегативною і зернисто-агрегативною структурою відбувається неперервне збільшення коефіцієнта фільтрації, причому для сильно засолених ґрунтів дуже різке, більше ніж в 100 разів, а для мало засолених — слабше. Помітного зменшення коефіцієнта

Типи порід	Схематичний розріз	Підтипи за ступенями засоленості	
		<10%	>10%
А		А'	А''
Б		Б'	Б''
В		В'	В''
Г		Г'	Г''
Д		Д'	Д''

1

2

3

Рис. 1. Структурно-текстурні типи і підтипи порід гіпсово-глинистої шапки

фільтрації в процесі засолення не спостерігається, оскільки піщано-пилуватий матеріал майже не набухає. Стабілізація коефіцієнта фільтрації після винесення всіх солей настає на рівні, який більше ніж в 100 разів перевищує початковий.

Фільтрація, яка змінюється поетапно, спостерігається для структурно-текстурних типів *B* і *G*, а також *A*, але для сильно засолених ґрунтів. Причому для типу *G* характерний вищий ступінь динамічності коефіцієнта фільтрації, ніж для *B*, і він збільшується зі збільшенням ступеня засолення ґрунту. (Коефіцієнт фільтрації в деяких випадках збільшується в 100—1000 разів). Для типу *B* спостерігається порівняно невелике збільшення коефіцієнта фільтрації при вилуговуванні, приблизно в 2—5 разів. Більш-менш різке збільшення коефіцієнта фільтрації на перших стадіях вилуговування для цих порід пояснюється тим, що при фільтрації через ґрунти цілісної структури із зонами і тріщинами, заповненими зернисто-агрегативною масою, винесення солей призводить до збільшення водопроникності зон і тріщин, а це може різко збільшити коефіцієнт фільтрації всієї породи. Чим більше площа зон, зайнятих зернисто-агрегативною масою, і чим більше їх засоленість, тим сильніше збільшується коефіцієнт фільтрації при винесенні солей з цих зон. Подальше зниження величини коефіцієнта фільтрації можна пояснити зменшенням концентрації порового розчину при засоленості, яке призводить до гідратації і дезагрегації глинистих частинок, що сприяє зростанню сил набухання і зменшенню активної пористості. Циклічна фільтрація спостерігається для ґрунтів структурно-текстурного типу *B*. Циклічну зміну коефіцієнта фільтрації з більш або менш різкими підйомами і падіннями можна пояснити нерівномірним винесенням солей з тріщин, які пронизують глинисту масу. В результаті цього утворюються зосереджені шляхи фільтрації, що призводять до значного підвищення коефіцієнта фільтрації всієї породи. Зокрема, набухання і перерозподіл глинистих частинок в промитій зоні кальматує тріщину і призводить до тимчасового зниження величини коефіцієнта фільтрації. Таких циклів може бути декілька, залежно від числа і розташування тріщин, причому списи стрибків і падінь коефіцієнта фільтрації можуть бути різної величини, але при

значному засоленні спостерігається його зменшення і стабілізація. Затухаюча фільтрація є характерною для ґрунтів структурно-текстурного типу А при незначному змісті водорозчинних солей. Поступове зменшення коефіцієнта фільтрації в процесі вилуговування для цих ґрунтів пов'язане з тим, що винесення солей із слабозасоленого глинистого ґрунту відразу ж супроводжується активізацією сил набухання, які раніше стримувалися підвищеною концентрацією порового розчину. Це призводить до зменшення активної пористості і відповідного зниження коефіцієнта фільтрації.

* * *

Вивчення фільтрації засоленних ґрунтів в процесі вилуговування має важливе значення для можливості їх використання під будівництво промислових та цивільних споруд. Гірничі виробки є своєрідним «приймальним пунктом» для збору мінералізованих вод в процесі вилуговування засоленних ґрунтів атмосферними опадами.

Характер і ступінь динамічності процесу фільтрації для засоленних ґрунтів не можна пояснити виключно інтенсивністю сольової суфозії.

На динамічність коефіцієнта фільтрації в процесі вилуговування вирішальний вплив мають структурно-текстурні особливості ґрунтів і їх засоленість, які визначають і інтенсивність сольової суфозії, і характер змін в структурі ґрунту при його засоленні.

Вивчення структурно-текстурних особливостей ґрунтів є абсолютно необхідною умовою для правильної інтерпретації результатів досліджень фільтрації засоленних ґрунтів, що важливо при проектуванні промислового та цивільного будівництва.

* * *

1. Шестопапов В.М. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена / В.М. Шестопапов. — К.: Наук. думка, 1988.

2. Охорона ґрунтів: Підручник / 2-ге вид., випр. / М.К. Шикуча, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. — К.: Т-во «Знання», КОО, 2004. — 398 с.

3. ДБН А.1.1-2-93 Система стандартизації та нормування в будівництві. Зміна № 1.
4. ДБН В.1.1-5-2000 Захист від небезпечних геологічних процесів. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах.
5. Рудько Г.І. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових і нафтогазових комплексів / Г.І. Рудько, Л.Є. Шкіца. — К.: Нічлава, 2001. — 588 с.
6. Тарасов Б.Г. Комплексное освоение калийных месторождений Предкарпатья / Б.Г. Тарасов, П.К. Гаркушин, В.М. Глоба. — Львов: Выща шк., 1987. — 128 с.
7. Теоретические основы и методика гидрогеологического прогноза загрязнения подземных вод. — М.: Наука, 1990. — 191 с.
8. Семчук Я.М. Наукові та методичні основи охорони навколишнього середовища в районах розробки калійних родовищ (на прикладі Передкарпаття): Авторефер. Дис. ... д-ра техн. наук / Я.М. Семчук. — Івано-Франківськ, 1995. — 46 с.
9. Коринь С.С. и др. Прогнозирование рассолопроявлений в калийных рудниках Прикарпатья / С.С. Коринь, Я.М. Семчук и др. — Советская геология. — № 7.
10. Лукаш І.О. Вплив відходів калійних підприємств на гідрохімічний режим ґрунтових вод / І.О. Лукаш, Я.М. Семчук. — Хімічна промисловість України. — 1995. — № 2 — С. 81—85.
11. Гаркушин П.К. Техногенез і охорона навколишнього середовища при розробці калійних родовищ Передкарпаття / П.К. Гаркушин. — Екологія довкілля і безпека життєдіяльності. — 2001. — № 2. — С. 48—55.
12. Тарасов Б.Г. Комплексное освоение калийных месторождений Предкарпатья / Б.Г. Тарасов, П.К. Гаркушин, В.М. Глоба. — Львов: Выща шк., 1987. — 128 с.

Отримано: 25.02.2009 р.

УДК 556.528

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАВОДКООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ТАЯНИИ СНЕГА

Н.В. Горбач;

Т.А. Клочко;

М.Р. Фридрак

(Государственное предприятие
научно-исследовательский и проектный
институт «Союз» НКАУ)

(Национальный аэрокосмический университет
им. М.Е. Жуковского «ХАИ»)

Рассмотрена методика оперативного определения территорий, на которых возможны паводки, вызванные усиленным таянием снега. Определение паводкоопасных территорий производится с учетом факторов, влияющих на сток, и основано на дешифрировании космических снимков TERRA MODIS с использованием программ ArcGIS и ERDAS.

Розглянуто методику оперативного визначення територій, де можливі паводки, що викликані посиленням таненням снігу. Визначення паводко-конебезпечних територій робиться з урахуванням факторів, що впливають на стік, та ґрунтується на дешифруванні космічних знімків TERRA MODIS з використанням програм ArcGIS та ERDAS.

The technique of operative definition of territories, on which are possible the high waters caused by strengthened thawing of snow, is considered. Definition the high waters territories is made taking into account the factors influencing a drain, and based on interpretation of space pictures TERRA MODIS with use of programs ArcGIS and ERDAS.

В последние годы на территории Карпатского региона наблюдается рост ущерба от затопления и подтопления территорий водами весеннего половодья и паводков. Паводки и половодье характеризуются скоротечностью и требуют опера-

тивного, скоординированного и эффективного реагирования на складывающуюся ситуацию [1–5].

Данная статья рассматривает разработанную нами методику предварительного определения территорий, на которых возможны паводки, вызванные усиленным таянием снега (при резком изменении температурного фона территории). Определение паводкоопасных территорий основано на дешифрировании космических снимков TERRA MODIS с использованием программ ArcGIS и ERDAS. Преимущества применения снимков TERRA MODIS состоят в оперативности получения (2 раза в сутки), наличии термальных каналов и файла рельефа с учетом угла съёмки.

При решении задачи учитываются основные факторы, которые безусловно влияют на величину максимума стока:

- 1) территории с лесной растительностью и видовой состав леса (лиственный, хвойный);
- 2) территории, покрытые снегом;
- 3) заболоченные территории;
- 4) рельеф.

1. Территории с лесной растительностью и видовой состав леса

Задача дешифрирования разделяется на два этапа:

1. Определение территории с лесной растительностью. Производится один раз в зимний период времени.

- выбирается визуально снимок с полным покрытием территории снежным покровом, при отсутствии одного снимка делается композит;
- маскируются территории населенных пунктов для того, чтобы при автоматическом выделении лесов не возникало ложной классификации селитебной территории как класса лесов;
- выделяются лесные территории неконтролируемой классификацией.

2. Определение видового состава. Производится один раз в летний период времени для разделения лесов на 3 класса (лиственный, хвойный и смешанный) на основе NDVI (нормализованного разностного вегетационного индекса).

2. Территории, покрытые снегом

Выделение территории, покрытой снегом, производится на основе NDSI (нормализованного разностного индекса снега) с учетом масок водных объектов и населенных пунктов.

3. Определение территории с повышенной опасностью

Территории повышенной опасности — это территории, на которых формируется наибольший сток в процессе таяния снега.

Значения опасности рассчитываются средствами ArcGIS как аккумуляция по рельефу с учетом файла весов, полученного на основе растров, определяющих наличие снега, болот, леса и его видовой состава, а также коэффициентов, учитывающих снижение максимального расхода воды в залесенных и заболоченных бассейнах.

Значения для каждого пикселя в файле весов с учетом наличия или отсутствия снега и коэффициентов, учитывающих снижение максимального расхода воды в залесенных и заболоченных бассейнах, вычисляется с помощью модуля Modeler ERDAS IMAGINE (рис. 1):

$$A = B * d_1 * C * d_2 * D, \quad (1)$$

где: A — выходной растр; B — растр, определяющий наличие снега; d_1 — коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в залесенных бассейнах; C — растр, определяющий наличие болот; d_2 — коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды в заболоченных бассейнах; D — растр, определяющий наличие и видовой состав леса.

Коэффициент d_1 , учитывающий снижение максимального расхода воды в залесенных бассейнах [6], определяется по формуле:

$$d_1 = a_1 / (A_n + 1)^{n_2}, \quad (2)$$

где: a_1 — параметр, принимаемый по табл. 1; A_n — залесенность водосбора, % (так как значения считаются для каждого пикселя, т. е. если лес есть, то 100%); n_2 — коэффициент редукции, принимаемый по табл. 1.

Таблиця 1

Значения параметра α_1 и коэффициента редукции n_2

Природная зона	Расположение леса на водосборе	Значения параметра α_1 при A_L %			Коэффициент редукции n_2 для почвогрунтов под лесом		
		от 3 до 9	от 10 до 19	от 20 до 30	различного механического состава	Супесчаных	Суглинистых
Лесная	A	1,0	1,0	1,0	0,22	—	—
	B	0,85	0,80	1,75	0,22	—	—
	C	1,20	1,25	1,30	0,22	—	—
Лесо-степная	AC	1,0	1,0	1,0	0,16	0,20	0,10
	B	1,25	1,30	1,40	0,16	0,20	0,10

Примечания:
 1. Расположение леса на водосборе в таблице принимается условно: A — равномерное; B — в верхней части водосбора; C — в нижней и прирусловой части водосбора.
 2. В лесной зоне из-за отсутствия сведений о преобладающих почвах (грунтах) значение n_2 принимается равным 0,22 независимо от почв (грунтов) под лесом.

Коэффициент δ_2 учитывающий снижение максимального расхода воды в заболоченных бассейнах [1], определяется по формуле:

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1A_s + 1), \quad (3)$$

где β — коэффициент, принимаемый по табл. 2; A_s — относительная площадь болот и заболоченных лесов и лугов в бассейне, % (так как значения считаются для каждого пикселя, т. е. если болото есть, то 100%).

Для определения аккумуляции также требуется построить файл направлений потоков по рельефу с помощью модуля Arc Hydro (рис. 2).

Таблиця 2

Значения коэффициента β для различных типов болот

Тип болота	Коэффициент β
Низинные болота и заболоченные леса и луга на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,8
Водосборы, включающие болота разных типов	0,7
Верховые болота на водосборах, сложенных супесчаными и легкосуглинистыми почвами (грунтами)	0,5
Верховые болота на водосборах, сложенных среднесуглинистыми и глинистыми почвами (грунтами)	0,3

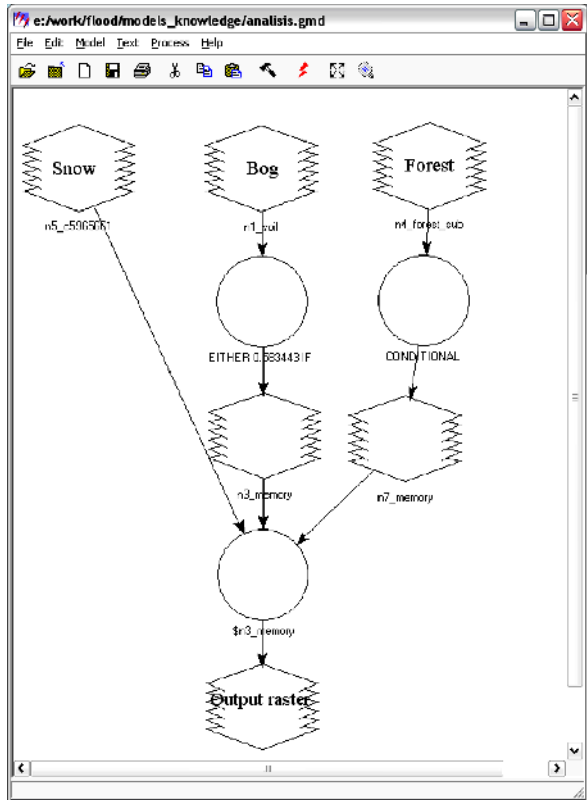


Рис. 1. Реализация формулы 1 в ERDAS IMAGINE, модуль Modeler

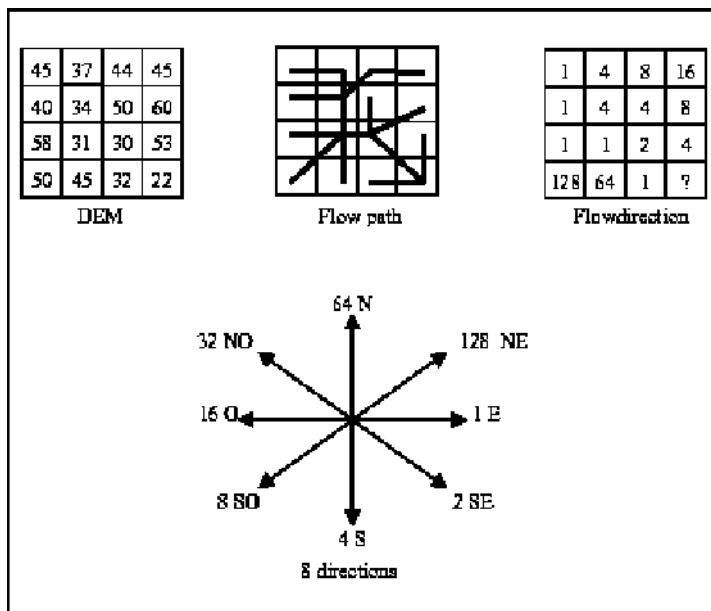


Рис. 2. Построение файла направлений потоков

Для получения растра опасности в ArcMap рассчитываем аккумуляцию по рельефу при помощи команды FlowAccumulation_sa.

Значения полученного растра отражают степень опасности в градациях от 0 (минимальная опасность) до 10 (максимальная опасность) паводка.

Последовательность выполнения операций при решении задачи представлена на рис. 3. Пример отображения наложенного растра на карту Украины представлен на рис. 4, темным выделены наиболее опасные территории.

Методика предварительного определения территорий, на которых возможны паводки, вызванные усиленным таянием снега, опробована в Карпатском регионе. В 2001 г. гидрометеорологическая ситуация в Карпатском регионе имела катастрофические последствия из-за наложения факторов повышения температуры, таяния снега, выпадения ливневых осадков.

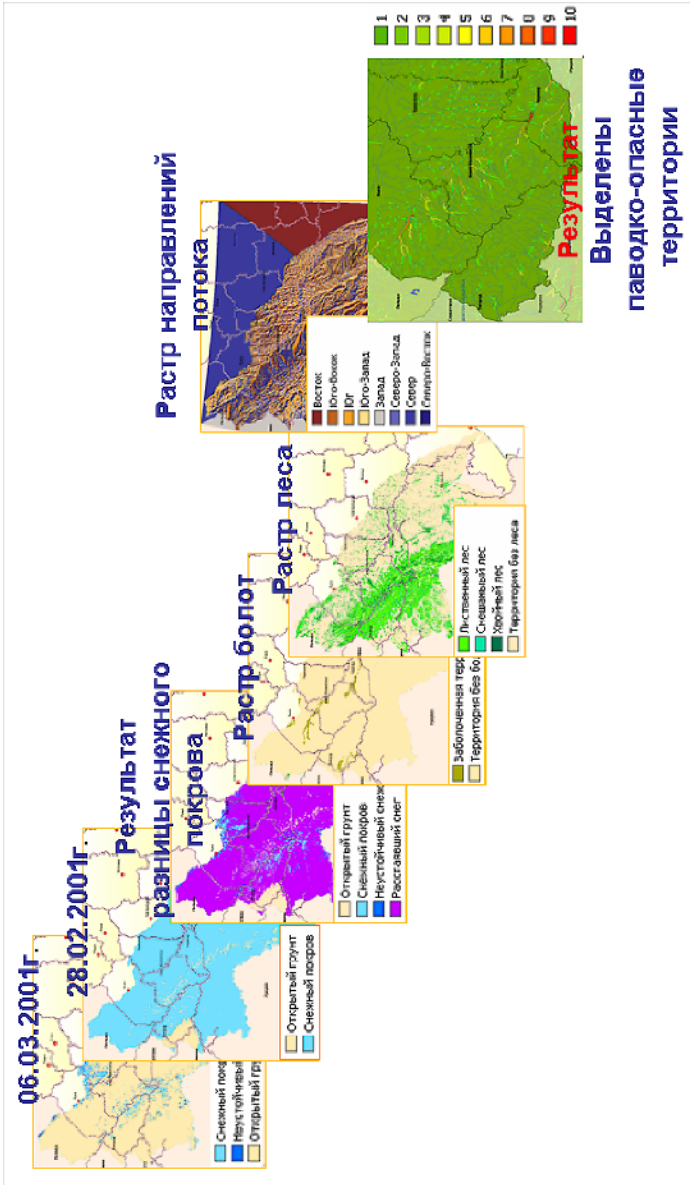


Рис. 3. Последовательность выполнения задачи

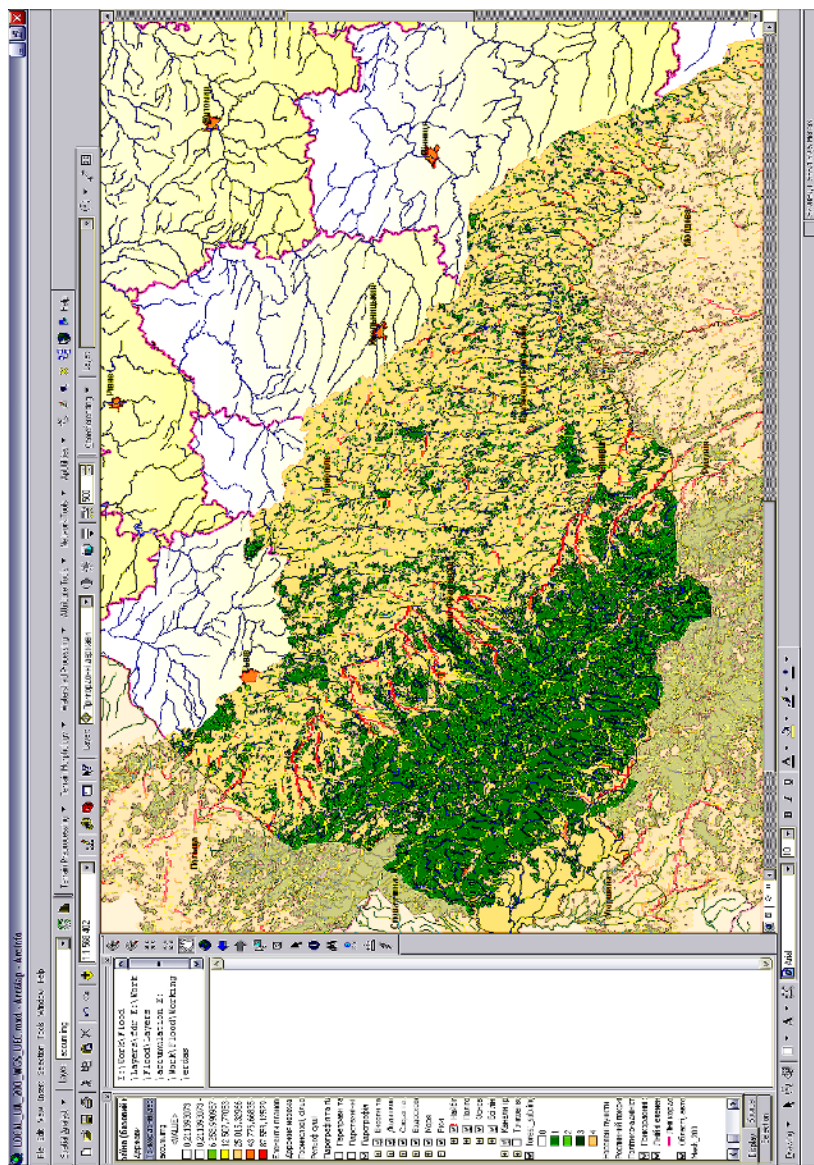


Рис. 4. Карта паводкоопасных территорий (март 2001 г.)

К достоинствам предложенного метода относится оперативность определения потенциально опасных территорий, высокая регулярность определения, возможность экстренной передачи данных. Но следует учесть, что наличие облачности вносит коррективы в получение исходной космической информации.

Задачей дальнейших исследований является доработка совместного учета дождевых осадков с использованием данных метеослужб.

Работа выполнена при методической помощи Г.Я. Красовского, профессора Национального аэрокосмического университета им. М.Е. Жуковского

* * *

1. Гопченко Е.Д. Практическая реализация операторной модели максимального стока на примере рек Предкарпатья / Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук. — Наук. праці УкрНДГМІ, 2007.

2. Киндюк Б.В. Расчет характеристик ливневых паводков заданной вероятности превышения на реках Предкарпатья / Б.В. Киндюк. — Наук. праці УкрНДГМІ, 2003.

3. Красовський Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем з застосуванням геоінформаційних технологій / Г.Я. Красовський. — К., Наук. думка. — 2008. — 468 с.

4. Определение характеристик водосборного бассейна и расчетного расхода стока. Методические указания. — Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2003.

5. Паводковая ГИС Башкортостана / С.В. Павлов, С.Р. Галямов, О.И. Христодуло, И.Н. Зайтов. — ARCREVIEW. — Выпуск № 4 (39). — ООО Дата+, 2006.

Отримано: 3.03.2009 р.

УДК: 504.73: 546.3: 629.7

**АКУМУЛЯЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
У РОСЛИННИХ АСОЦІАЦІЯХ НА ТЕРИТОРІЯХ,
ПРИЛЕГЛИХ ДО АВІАРЕМОНТНИХ
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

С.М. Маджд;

*Г.М. Франчук, д-р техн. наук, проф.
(Національний авіаційний університет)*

Наведено дані про вплив авіатранспортних процесів на забруднення рослин. Визначено вміст важких металів у рослинних асоціаціях неподалік від авіапідприємств. Встановлено ступінь забруднення рослин під час експлуатації та ремонту авіаційної техніки.

Представлены данные о влиянии авиатранспортных процессов на загрязнение растений. Определены концентрации тяжелых металлов в растительных ассоциациях в окрестностях авиапредприятий. Установлена степень загрязнения растений во время эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Data about influence of aviatransport processes on pollution of plants are presented. Concentration of heavy metals at vegetative associations in vicinities of aviation enterprises are certain. The degree of pollution of plants during operation and repair of aviation technics is established.

Шкідливий вплив авіації на довкілля має як глобальний, так і локальний характер. Глобальним є вплив авіації на озонний шар атмосфери та пов'язані з цим негативні наслідки, а також сприяння розвитку парникового ефекту. Основні локальні проблеми — це проблеми авіаційного шуму, забруднення викидами та скидами шкідливих речовин у атмосферне повітря, природні води, ґрунти та акумуляція в рослинах у районах розташування авіапідприємств [1, 2].

Забруднення рослин поділяються на зовнішні (осад на поверхні листя і стебел) і внутрішні (надходження в клітини через коріння).

При збитковому надходженні забруднювачів через коріння рослин спрацьовують захисні механізми неспецифічної природи. Вони обмежують проникнення поллютантів у наземні органи та включення їх у метаболічні реакції клітин. По відношенню до різних забруднювачів захисні можливості рослин проявляються неоднаково: свинець, наприклад, затримується вже у корінні, кадмій легко проникає в наземні органи [3, 4].

Характер поглинання й акумуляції важких металів (ВМ) рослинами в умовах забруднення визначається рівнем забруднення, вибірковістю рослин, впливом супутніх викидів, які підкислюють чи підлужнюють ґрунтовий розчин.

Рослини є ніби планшетом, що уловлює пил з поверхневого шару повітря. На листя рослин осідає пил промислових підприємств і пил, піднятий з поверхні землі, у тому числі і той, що раніше випав з атмосфери (вторинне забруднення) [5].

У роботах [6, 7] ґрунти і рослини розглядаються комплексно.

Високі концентрації ВМ в ґрунті в дуже незначних кількостях надходять до рослин. Очевидно, відіграє роль захисний механізм рослини, коли вона вибірково поглинає хімічні елементи. Більшість хімічних елементів у певних кількостях необхідні рослинам.

Дослідження свідчать, що між хімічним складом рослин і елементним складом середовища існує безперечний зв'язок [8, 9], але пряма залежність вмісту ВМ у рослинах від вмісту у ґрунті часто порушується із-за вибіркової властивості рослин до накопичення елементів.

Дослідження накопичення ВМ у рослинах важливе як для оцінки стану пригнічення життєвих функцій, так і для характеру адаптації рослин до високих концентрацій металів. Встановлено, що спільна присутність іонів кадмію і свинцю призводить до зниження накопичення цих металів у паростках кукурудзи і ячменю на всіх стадіях проростання [6—9].

Потрапляючи на рослини, деякі ВМ можуть абсорбуватися. Свинець залишається в основному як поверхневий відклад чи верхнє аерозольне покриття на поверхні рослини, у той час як

цинк і кадмій хоча б частково проникають у лист. Поглинання мікроелементів листами звичайно обмежене [5, 7].

Поглинання елемента рослиною визначається не тільки проходженням реакцій у системі ґрунт–розчин, але і взаємодією між розчином і рослиною, що може змінюватись при зміні концентрації елемента [10].

Показник захисних можливостей ґрунту (ґрунтовий бар'єр) знаходиться в прямій залежності від здатності металу (його хімічних властивостей) до переходу в рухливу форму з наступною міграцією в системі ґрунт-рослина.

Метою роботи є визначення рівня забруднення рослин поблизу авіапідприємств важкими металами.

В зоні впливу авіапідприємств поблизу аеропорту «Київ» та авіаремонтного заводу № 410 були відібрані проби рослин навесні, влітку та восени на відстані 20, 100, 250, 500 та 1000 м.

Контрольні проби рослин було відібрано з ділянки, що розташована у зоні з відсутністю техногенного забруднення.

Проби рослин представлені сумішшю різнотрав'я з кореневою системою та гілками з листям (верба).

З урахуванням напрямку переважаючого вітру вздовж вектора «рози вітрів» протягом року за методом «конверту» (5x5 м) відбирали 5 точкових проб, які становили змішаний зразок об'єднаної проби рослин.

Для одержання об'єднаної проби була необхідна маса 0,5–1 кг рослин натуральної вологості. Проби рослин відбирались з кореневою системою. Ґрунт з коренів ретельно струшувався, корені відрізали від наземної частини і поміщали у окремий поліетиленовий пакет або бавовняний мішечок. Наземну частину рослин загортали у поліетиленову плівку чи у крафт-папір. Пробу маркували, записували місце відбору, назву рослини, дату.

Для дослідження рослин, відібраних в зоні впливу авіапідприємств на вміст ВМ, використовували метод атомно-абсорбційної спектрометрії [6, 7].

Озолення здійснювалося сумішшю сірчаної та азотної кислот [9].

При оцінці забруднення отримані результати вмісту ВМ у рослинах були порівняні з їх концентрацією у рослинах тех-

ногенно незабруднених територій, так званим умовним контролем.

Дані щодо концентрації ВМ у пробах рослин, відібраних на територіях, прилеглих до авіаремонтних та експлуатаційних підприємств, наведені на рис. 1–6.

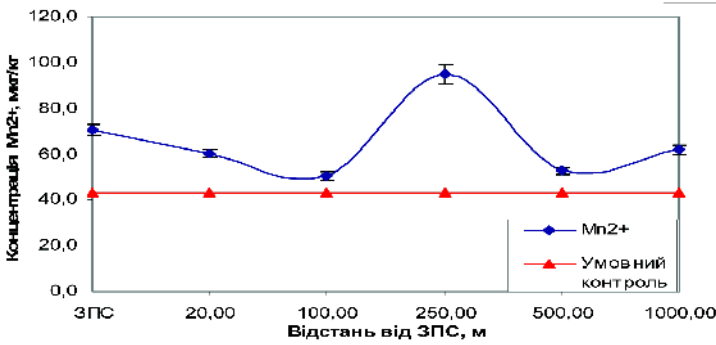


Рис. 1. Вміст марганцю у рослинах, $M \pm m$; $n=9$

Концентрація марганцю у рослинах у зоні проходження авіатранспортних процесів перевищувала значення умовного контролю марганцю в 1.1–2.1 раза.

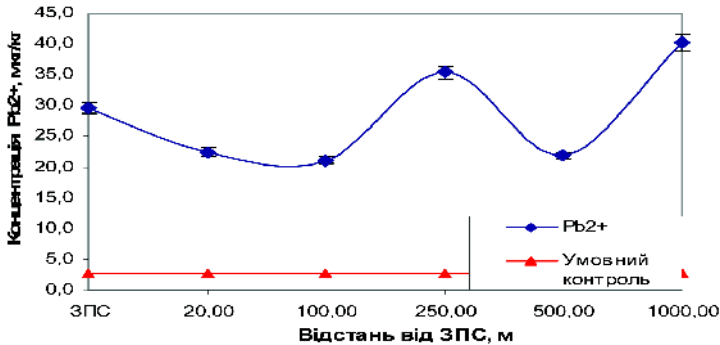


Рис. 2. Вміст свинцю в пробах рослинних асоціацій в зоні авіаніприємств, $M \pm m$; $n=9$

Концентрація свинцю у рослинах значно перевищує значення умовного контролю (у 7,8–14,8 разів) і вказує на сильне забруднення рослин цим ВМ.

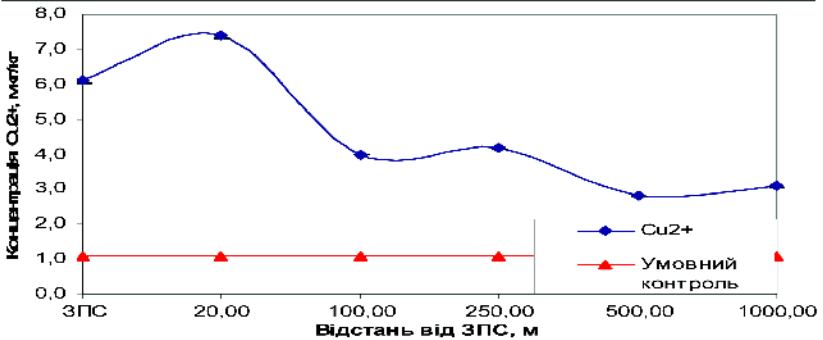


Рис. 3. Вміст міді у рослинах, $M \pm m$; $n=9$

Вміст міді у рослинах зони аеропорту перевищує значення умовного контролю в 6,7–2,5 рази. Найбільше забруднення міддю спостерігається у рослинах, взятих для дослідження на відстані 20 м від авіапідприємств.

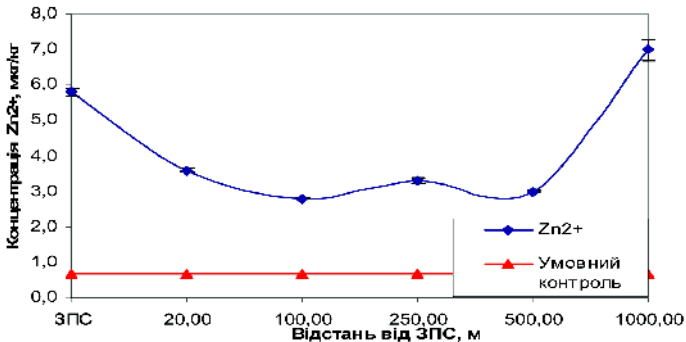


Рис. 4. Вміст цинку у рослинах, $M \pm m$; $n=9$

Досліджувані рослини також забруднені цинком. Встановлено перевищення в 4,2–8,7 разів концентрації цинку в рослинах по відношенню до умовного контролю. Значне забруд-

нення цинком спостерігається безпосередньо поблизу авіаційних підприємств.

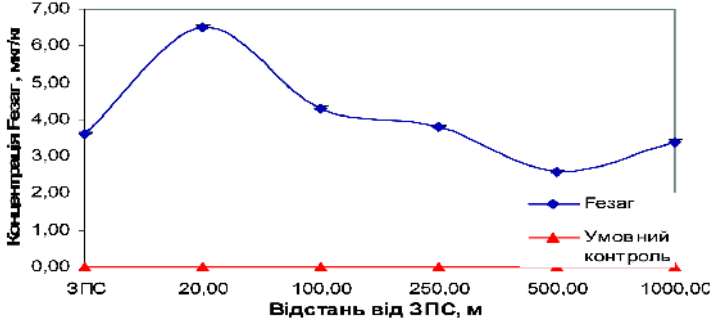


Рис. 5. Вміст заліза у рослинах у зоні авіаніприємств, $M \pm m$; $n=9$

В рослинах техногенно незабрудненої території, що були прийняті за умовний контроль, вміст заліза не виявлений. Однак під час аналізу рослин досліджуваної зони у них були виявлені значні концентрації заліза.

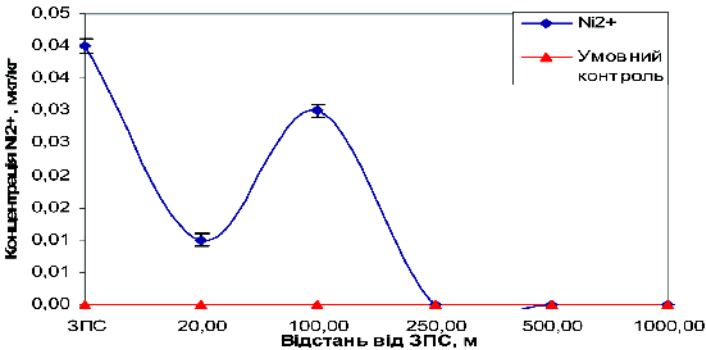


Рис. 6. Вміст нікелю у рослинах у зоні авіаніприємств, $M \pm m$; $n=9$

Це ж саме стосується і нікелю. У рослинах фонові території нікель виявлений не був, а у рослинах, що досліджувались, він був зафіксований біля авіаніприємств на відстані 20 та 100 м.

Вмісту хрому в досліджуваних пробах рослин не виявлено.

У більшості рослин спостерігається залежність забруднення ВМ від віддаленості до авіапідприємств. За вмістом марганцю, свинцю, цинку і заліза було зафіксоване значне забруднення у точці відбору проб на відстані 1000 м, що можна пояснити додатковим забрудненням викидами із автотранспорту у міру наближення до автомагістралі.

Отже, експериментальні дослідження рослинних угруповань у зоні впливу авіатранспортних процесів підтверджують результати досліджень проб ґрунту і свідчать про неможливість використання земель для сільськогосподарських потреб.

* * *

1. Концепція розвитку цивільної авіації України // Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 1996 р. № 1587. – К., 1996. – 87 с.

2. Таланов Г.П. Аеропорти та їх експлуатація: Підручник / Г.П. Таланов. – К.: НАУ, 2001. – 116 с.

3. Виноградов А.И. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А.И. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 147 с.

4. Грицан Н.П. Оценка состояния и уровня загрязнения тяжелыми металлами фитоценозов города Днепропетровска / Н.П. Грицан. – Днепропетровск: Мир, 1992. – 66 с.

5. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, – 1991. – 150 с.

6. Мониторинг фонового загрязнения природной среды / Под. ред. Ю.А. Израэля. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 225 с.

7. Бортнік Л.М. Екологічна оцінка урболандшафтів за вмістом важких металів в системі ґрунт-рослина / Л.М. Бортнік. – Дніпропетровськ: Мир, 1999. – 19 с.

8. Ильин В.Б. Элементарный химический состав растений / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 272 с.

9. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

10. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений / А.Л. Ковалевский. – Новосибирск: Наука, 1991. – 294 с.

Отримано: 25.02.2009 р.

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

УДК 503.075

СИНЕРГЕТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗВИТКУ СОЦІОПРИРОДНИХ СИСТЕМ: КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД У КОНТЕКСТІ SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*В.А. Баженов, д-р техн. наук, проф.
(Київський національний університет
будівництва і архітектури);*

*В.Я. Шевчук, д-р екон. наук, проф.
(Інститут законодавства ВР України);*

*Ю.М. Саталкін, канд. техн. наук., доцент
(Київський національний університет
будівництва і архітектури);*

Г.О. Білявський, докт. геол.-мін. наук (НАУ);

*П.П. Лізунов, докт. техн. наук, проф.
(Київський національний університет
будівництва і архітектури);*

І.Д. Лоєва, докт. геол. наук, проф. (ОДЕУ)

Синергетична оптимізація розглядається як інтеграційна стратегія досягнення оптимальної для конкретних територіальних умов взаємодії соціальних і природних (екологічних) систем із забезпеченням синергетичного ефекта — гармонізації і збереження їх життєвих сил, збалансованого спільного розвитку (коволоції).

Представлена адекватна концептуальна модель соціоприродної системи, яка має бути оптимізована на синергетичних критеріальних заса-

© В.А. Баженов, В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін,
Г.О. Білявський, П.П. Лізунов, І.Д. Лоєва, 2009

дах для конкретних місцевих, регіональних умов життєдіяльності і життєзабезпечення людини, територіальних громад, суспільства.

Синергетическая оптимизация рассматривается в качестве интеграционной стратегии достижения оптимальной для конкретных территориальных условий взаимодействия социальных и природных (экологических) систем с обеспечением синергетического эффекта — гармонизации и сохранения их жизненных сил, сбалансированности совместного развития (коэволюции).

Представлена адекватная концептуальная модель социоприродной системы, которая подлежит оптимизации на синергетических критериальных основах для конкретных местных или региональных условий жизнедеятельности и жизнеобеспечения человека, территориальных общин (социумов), общества.

Synergetics optimisation is considered as integration strategy of achievement optimum for concrete territorial conditions of interaction of social and natural (ecological) systems with maintenance of Synergetics effect - harmonisations and preservations of their vital forces, equation of joint development.

The adequate conceptual model social-natural systems which is subject to optimisation bases on Synergetics criterion for concrete local or regional conditions of ability to live and life-support of the person, territorial communities (societies), societies is presented.

«Люди загинуть від невміння користуватися силами Природи і від незнання істинного світу».

Ієрогліфічний напис на піраміді Хеопса.

«Зміни стануть можливими лише тоді, коли ми, суспільство, зможемо придбати нове екологічне бачення дійсності».

Фрїтьоф Капра «Уроки мудрості»

Планетарна цивілізація складається з різноманіття малих і великих, в різній мірі урбанізованих соціоприродних систем з різним територіально-суспільним та ландшафтно-інфраструктурним устроєм, різними соціально-економічним та природно-ресурсним потенціалами життєдіяльності, розвитку. Систем співіснування, взаємодії людських спільнот, соціумів і

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

природи, її екологічних систем; їх спільного розвитку (кoeволюції). Тисячоліття людство розвивалося за Законами Природи: екологічного оптимума, екологічної кооперації, синергетичної взаємодії різних природних систем (біотичних, абіотичних), органічною складовою яких є і соціальні системи; стійкої динамічної рівноваги (гомеостазу), обміну речовинами, енергією, єдиним джерелом якої була сонячна, інформацією (метаболізму). І лише за останні 200–300 років людство втратило розуміння, усвідомлення своєї соціоприродної цілісності, поставило свої закони існування, розвитку над законами природи, законами оптимального збалансованого співіснування. Схаменулося людство лише наприкінці ХХ століття, коли загроза планетарної екологічної катастрофи набула реального масштабу і прийшло усвідомлення на рівні керівників держав, Організація Об'єднаних Націй. У 1992 р. керівники країн усього світу зібралися в Ріо-де-Жанейро (Бразилія) на Конференцію ООН з навколишнього середовища і розвитку для обговорення проблем майбутнього планети [5]. На конференції була прийнята Всесвітня програма дій «Порядок денний на ХХІ століття», ключовими положеннями якої стали принципи, підходи, механізми досягнення *sustainable development**.

По-різному у різних країнах реалізовувалася ця програма. В Європейському Союзі здійснювалася цілеспрямована плано-мірна політика нарощення еколого-правового, еколого-соціального, еколого-економічного потенціалів *sustainable development*. На сьогодні діє вже Шоста програма (ЕАР-6) екологізації життєдіяльності європейської Спільноти (2002–2012 рр.), створення загальноєвропейської системи інтегрованого управління *sustainable development* на основі тематичних довгострокових стратегій (до 2020 р.). Найбільшого успіху в соціально-природній гармонізації досягли такі країни ЄС як Швеція, Норвегія, Данія, Фінляндія, Бельгія, Німеччина. У світі — Канада, Японія. Дуже повільно процес *sustainable*

* В Україні поняття *sustainable development* визначається як «сталій», «стійкий», «усталений», «збалансований», «гармонійний» розвиток.

development просувається у великих країнах (Китай, Росія). В Україні цей процес все ще знаходиться на стадії теоретичних дискусій та фрагментарної законодавчої визначеності.

В цілому, підсумовуючи десятиріччя після Ріо-де-Жанейро в Йоганнесбурзі (2002 р., ПАР), світова спільнота визнала незадовільним стан виконання Всесвітньої програми дій на XXI століття і прийняла «План виконання рішень Всесвітнього саміту на вищому рівні зі сталого розвитку на наступне десятиріччя (до 2012 р.).

Одним з фундаментальних висновків саміту в Йоганнесбурзі було визнання відсутності екологічної свідомості, культури, глибокого науково-філософського розуміння суспільством складних синергетичних процесів sustainable development, процесів гармонізації співіснування соціальних і природних (екологічних) систем на засадах біотичної (екосистемної), а не економічної регуляції розвитку. Виходячи з цього висновку, визначено одне з фундаментальних завдань на наступне десятиріччя:

«Заохочувати і стимулювати розробку десятирічних рамкових програм на підтримку регіональних і національних ініціатив, спрямованих на прискорення переходу до сталих моделей споживання і виробництва з метою сприяння соціально-економічному розвитку в межах асиміляційного потенціалу екосистем» [6]. Саме такий екосистемний підхід до соціально-економічного розвитку є визначальним на наступне десятиріччя (2002—2012 рр.) Це підхід екосистемної цілісності розвитку соціоприродних систем. Тобто підхід, який ґрунтується на синергетичних законах, механізмах функціонування різних екологічних систем Природи, їх синергетичної взаємодії, у тому числі з соціальними системами, орієнтований на досягнення «збалансованої інтеграції соціальних, екологічних і економічних аспектів сталого розвитку» [6].

На рис. 1 наведена концептуальна інтеграційна модель соціо-природної системи, яка має бути оптимізована на синергетичній критеріальній базі для конкретних територіальних, регіональних і в цілому національних умов функціонування і розвитку.

Концепція екологічної оптимізації за визначенням відомого вченого еколога М.Ф. Реймерса – це «інтегрована (синергетична) програма, призначення якої полягає у створенні пере-

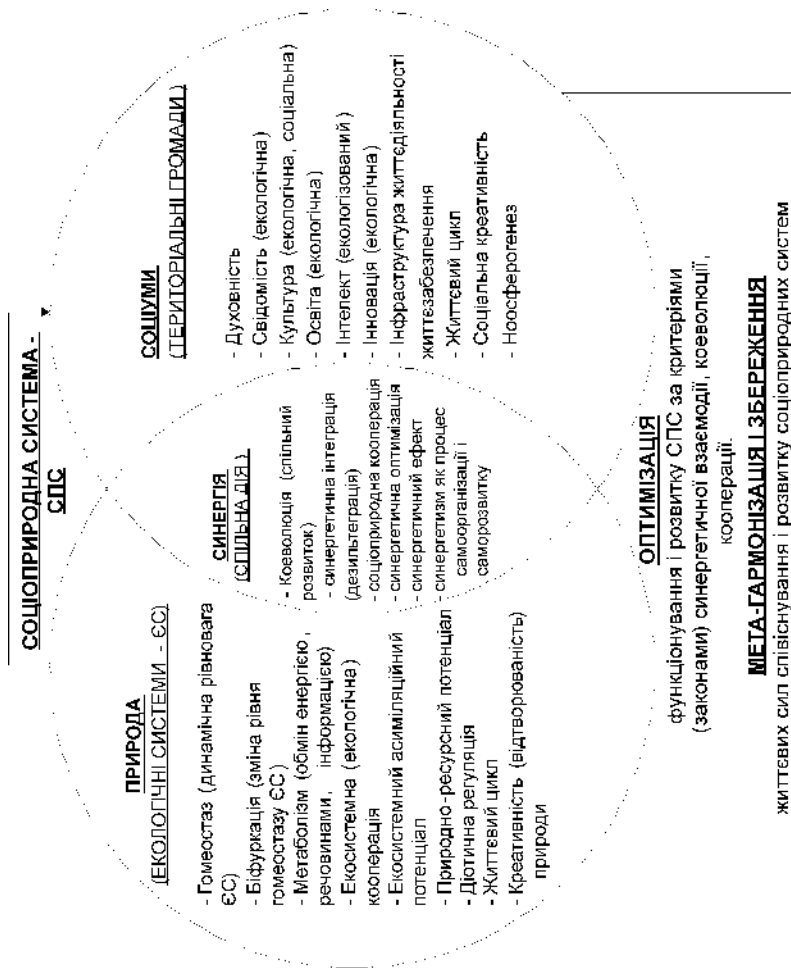


Рис. 1.

думов для функціонального і територіального механізмів підтримки екологічної (екосистемної) рівноваги» [1]. Пошук таких інтегральних механізмів має відповідати положенням фундаментальної синергетичної теорії взаємодії різних систем, людини і природи та принципам sustainable development. В природі екосистемна рівновага досягається завдяки синергетичній взаємодії різних екосистемних механізмів: прямого і зворотного зв'язку, адаптивних, біфуркаційних та інших механізмів з додержанням різних екологічних закономірностей, правил. Наведемо основні групи таких оптимізаційних законів, принципів (за систематизацією М.Ф. Реймерса), які складають загальнотеоретичні основи пошуку оптимальних стратегічних рішень на екосистемних засадах [1]: закони (принципи) оптимальності і достатності; розмірності екосистемного і ресурсного потенціалів; правил інтегрального ресурсу і взаємодії екосистемних компонентів; принципів адекватності законів розвитку суспільства і природи; законів природних і соціальних обмежень; загальносистемних законів відповідності зростання наукоємності і збалансованості розвитку тощо.

Синергізм господарювання, природокористування, синергетичні основи взаємодії різних соціоприродних, еколого-господарських систем все більше набувають теоретичної усвідомленості і визначеності в наукових колах України [2–4, 8]. Набуло розуміння глибинних синергетичних витоків, засад загальної концепції sustainable development — екологічно збалансованого розвитку суспільства; необхідності реалізації принципів екосистемної цілісності, збалансованості, екологічної рівноваги із застосуванням синергетичних законів, механізмів самоорганізації і саморозвитку соціоприродних систем (територіальних громад, еколого-господарських комплексів тощо).

Предметом, галуззю знань синергетичної теорії є явище самоорганізації (оптимізації) складних систем, їх узгоджена взаємодія, яка зумовлює в кінцевому рахунку кооперативну, або інтегровану поведінку складових частин із синергетичним ефектом збалансованості, стійкості і врівноваженості. **Оптимізація господарської діяльності, природокористування у будь-яких масштабах на синергетичних засадах — це, по суті, синергетична оптимізація з досягненням стійкого підтримування соціо-еколого-**

економічного гомеостазу (динамічної рівноваги) із передбачувальними біфуркаційними (якісними) змінами. Саме такий науково-методологічний підхід, що ґрунтується на законах і механізмах синергії, відповідає фундаментальним принципам запобіжності і збалансованості, екосистемної цілісності загальної концепції sustainable development.

Міжнародні зобов'язання України щодо євроінтеграції, вступу до СОТ, відповідна національна стратегія потребують освоєння управлінським персоналом, суспільством нових принципів та методологій господарювання і життєдіяльності, оволодіння системами міждисциплінарних і багатодисциплінарних знань, що ґрунтуються на синергетичній теорії взаємодії різних соціоприродних простих і складних систем.

Екологічна складова життєдіяльності в країнах Європейського Союзу, інших розвинених країнах світу останнім часом набули пріоритетного, визначального впливу у суспільстві. Принципи екосистемної цілісності та екологічної збалансованості господарювання, запобігання його негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей реалізовані у різних стандартах якості навколишнього середовища і життя, регламентах, що регулюють оптимальні режими територіального природокористування і природовідтворення та оптимальну взаємодію суспільства і природи.

Синергетична оптимізація — це фундаментальна методологія досягнення збалансованості, гармонізації життєдіяльності суспільства й природи, їх коеволюції за законами (критеріями) синергії відтворення життєвих сил. Суспільство як угруповання різноманіття соціоприродних систем має взяти на озброєння теорію біотичної (а не економічної) регуляції розвитку, якщо воно ще бажає зберегти біосферу — унікальне у космічному просторі середовище існування живої речовини, планетарного біогеоценозу, представником якого є і людина.

XXI століття поставило питання про нову модель цивілізації з відмовою від інерційної історичної моделі, що ґрунтується на особливій виключності людини (антропоцентричної моделі). Нова модель — це паритетна соціоприродна система з синергетичним механізмом взаємодії людини і природи, соціума і природного середовища. Саме за такою цивілізаційною

моделлю вже живуть на початку XXI століття Канада, Швеція, Японія, Фінляндія, Норвегія та інші країни, суспільство яких відмовилося від антропоцентричної моделі розвитку і вибрало соціоприродні моделі з національними особливостями.

В Україні існують всебічні системні передумови вибору саме соціоприродної моделі розвитку суспільства: духовні, інтелектуальні, економічні, науково-технічні, природно-ресурсні. Справа за усвідомленням суспільством – і в першу чергу його політичним керівництвом – безальтернативності вибору саме такої моделі розвитку, тим більше що цього вимагає і вибрана національна стратегія євроінтеграції, для реалізації якої потрібна національна соціоприродна модель розвитку. А сприяти реалізації цієї стратегії, освоєнню національної соціоприродної моделі розвитку має освіта у всіх її формах на засадах Європейської стратегії ЄЕК ООН з освіти для sustainable development, суть якої визначена філософським принципом «розвиток – це безперервний процес навчання, а навчання – це розвиток», або принципом синергетичної інтеграції освіти і розвитку. Саме за такими принципами Київський національний університет будівництва і архітектури починає співпрацювати з Міністерством регіонального розвитку і будівництва України, виконувати окремі проекти з відпрацюванням методології синергетичної оптимізації на регіональному (місцевому) рівні за підтримки Міністерства освіти і науки України і у співпраці з провідними вченими інших вузів (Національного авіаційного університету, Одеського державного екологічного університету тощо), а також Інституту законодавства Верховної Ради України та Українського товариства охорони природи.

* * *

1. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. — М.: Журнал «Россия Молодая», 1994.

2. Данилов-Данильян В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие. Учебное пособие / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. — М.: Прогресс — Традиция, 2000.

3. Національна доповідь України про гармонізацію життєдіяльності суспільства у навколишньому природному середовищі / Керівник розробки В.Я. Шевчук. — К., 2003.

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

4. Основи стійкого розвитку: Навчальний посібник / Заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мельника. — Суми: ВТД «Університетська книга, 2005.
5. Дорогунцов С.И. Хозяйствование — синергетический инвариант / С.И. Дорогунцов, А.Н. Ральчук. — К.: Оріяни, 2006.
6. Програма дій «Порядок денний на ХХІ століття». Ухвалена конференцією ООН в Ріо-де Жанейро (1992 р.).
7. План виконання рішень Всесвітнього саміту на вищому рівні зі сталого розвитку. Йоганнесбург. ПАР, 2002 р.
8. Природно-ресурсна сфера України: проблеми сталого розвитку і трансформації. Під заг. ред. чл.-кор. НАН України Б.М. Данилишина. — К.: ЗАТ Нічлава.
9. Лозо В.И. «Правовые основы экологической стратегии Европейского Союза / В.И. Лозо. — Х.: Право, 2008.
10. Гармонія життєвих сил Дніпра: еколого-духовні нариси / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін. — К.: Геопринт, 2002.

Отримано 27.01.2009 р.

УДК 621.3

О.С. Пашинський
(Інститут геохімії навколишнього середовища НАУ);
О.А. Машкін, канд. хім. наук
(Державне науково-виробничне об'єднання
«Екологічні технології та нормативи»);
Г.В. Лісиченко, д-р техн. наук;
Ю.Л. Забулонов, д-р техн. наук

ПЕРСПЕКТИВИ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ РОБОТИ МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Стаття присвячена проблемам поводження з відходами на молокопереробних підприємствах. Основна увага приділена проблемам, пов'язаним із обігом молочної сироватки. Автори пропонують пілотний проект з організації збору, транспортування і глибокої переробки сироватки.

Статья посвящена проблеме обращения с отходами на молокоперерабатывающих предприятиях. Основное внимание уделено проблемам, связанным с оборотом молочной сыворотки. Авторы предлагают пилотный проект по организации сбора, транспортировке и глубокой переработке сыворотки.

Article is devoted a problem of behaviour with a waste on enterprises. The basic attention is given the problems connected with a turn of dairy whey. Authors offer the pilot project of gathering process, transportation and deep processing of whey.

Молокопереробна галузь агропромислового комплексу України останніми роками динамічно розвивається, постійно нарощуючи обсяги виробництва, відповідно, збільшується і об'єм відходів, що утворюються. При цьому, відповідно, знижується і рівень техногенної безпеки підприємств. Враховуючи той факт, що до теперішнього часу переважна більшість

молокопереробних підприємств (МПП) не приділяли належної уваги природоохоронним заходам, подальше механічне нарощування об'ємів виробництв може вивести техногенну ситуацію на критичний рівень. У зв'язку з цим для більшості МПП актуальним стає вопрос зниження техногенного навантаження від їх роботи до прийняттого рівня, допустимого чинним природоохоронним законодавством України [1, 2].

Метою даної роботи є: аналіз чинників, що визначають техногенне навантаження МПП і пошук найбільш раціональних шляхів їх зниження.

1. Основні положення перспектив зниження техногенного навантаження. Як показано у ряді робіт [3, 4, 5, 6], основним техногенним чинником роботи МПП є відходи, що утворюються в процесі їх діяльності. Повітряні викиди не роблять помітного впливу на довкілля. Водні стоки представляють небезпеку, оскільки забруднені відходами, що утворюються в ході основного технологічного процесу. Тому налагодження контролюваного обігу відходів з максимальною мірою переробки або утилізації дозволить найбільшою мірою знизити техногенне навантаження.

У «Інструкції про порядок обліку, зберігання і використання відходів підприємств молокопереробної промисловості», розробленою НТЦ індустріальної екології спільно із співробітниками УкрДНІЄпа і Корпорацією з поводження з небезпечними відходами, вперше описані практично всі види відходів, що утворюються, подана їх класифікація і рекомендації з переробки або утилізації. Структура вказаної інструкції приведена в додатку 1 [7, 8].

2. Результати. Як видно із вказаних вище матеріалів, відходи можна умовно розділити на дві великі групи:

- *відходи, що утворюються в ході основного технологічного процесу (перш за все молочна сироватка);*
- *відходи допоміжних виробництв.*

Відходи другої групи не представляють значної небезпеки — по-перше, унаслідок їх відносно невеликого об'єму, а по-друге, у зв'язку з тим, що згідно інформації управлінь Мінприроди в областях ці відходи практично в повному об'ємі передаються на переробку або утилізацію [6, 9].

Значно складніша справа з відходами першої групи, основну частину яких складає молочна сироватка. Згідно інформації, отриманою Державною екологічною інспекцією України в ході проведення перевірок МПП, на сьогоднішній день використовується (в основному в тваринництві) не більше 10% сироватки. Решта маси з водними стоками скидається в природне довкілля. Враховуючи стан очисних споруд на переважній більшості МПП, на практиці в довкілля щодня скидаються тисячі тонн біологічно активних речовин, які в короткий час перетворюються на високотоксичні відходи. Таким чином, відбувається масове неконтрольоване забруднення водних ресурсів [7, 10].

3. Вирішення проблеми, що склалася. Найбільш простим виходом з цього положення було б будівництво на МПП систем передочищення. Використання в таких системах біодеструкторів дозволило б розкласти сироватку і жиромісткі компоненти на інертні речовини, які могли б без помітного збитку для довкілля скидатися з водними стоками. Нам цей шлях здається нерациональним у зв'язку з тим, що в цьому випадку значні витрати прямують не на переробку ресурсоцінної сировини, а на її знищення [11, 12, 13].

У зв'язку з цим на наш погляд значно більший інтерес представляє глибока переробка сироватки з одержанням товарної продукції — лактози. Економічна доцільність такої переробки заснована на тому, що підприємства, на яких утворюється сироватка, передають її на безоплатній основі переробнику, отримуючи дохід за рахунок економії коштів, які раніше витрачалися на оплату підрозділам водоканалу за наднормативну забрудненість скидів. Економічний інтерес підприємства-переробника полягає в тому, що він, несучи витрати по транспортуванню і переробці, у результаті отримує товарну продукцію, вартість якої покриває вказані витрати і забезпечує достатній прибуток. З екологічної точки зору таке вирішення проблеми перспективне тому, що дозволяє повністю виключити скид токсичних відходів та матеріалів в довкілля. Слід відмітити, що саме таким шляхом пішла більшість європейських країн.

Така переробка налагоджена на Вознесенському маслосирзаводі ТОВ «Евролакт». Технологічний процес на основі рег-

ламенту, що пройшов державну експертизу в Мінприроди України, що існує в даний час, дозволяє забезпечити переробку 15 000 тонн сироватки на місяць. Створення подібного виробництва задало організації системи збору і транспортування сироватки.

У зв'язку з цим під егідою Державної екологічної інспекції України на території Вінницької, Миколаївської і Херсонської областей був реалізований пілотний проект, завданням якого було організувати систему збору, транспортування і переробки сироватки так, щоб виключити її попадання в довкілля.

При реалізації такого пілотного проекту після вирішення організаційних проблем виник ряд технічних складнощів, обумовлених нестабільністю сироватки. Зв'язано це з тим, що склад сироватки істотно змінюється залежно від температури і часу зберігання. Відомо, що при температурі вище 20°C після трьох годин зберігання кислотність сироватки різко підвищується, що робить неможливою її подальшу переробку. В результаті замість ресурсоївної сировини створюються високотоксичні біологічно активні відходи. Про ступінь їх токсичності говорить той факт, що в такому середовищі кородують навіть залізобетонні будівельні конструкції. В той же час розрахунковий термін від моменту утворення сироватки до вступу її на переробку на практиці знаходиться в межах 5—20 часів. При цьому традиційний метод консервації сироватки за допомогою пероксиду водню не може бути використаний через особливості технології переробки. Тому було застосовано досить дороге технічне рішення, що базується на установці на М1 111 танків-охолоджувачів (як правило, ємністю 25 тонн) і подальшому транспортуванні охолодженої сироватки спеціальним автотранспортом. Попереднє охолодження і подальше транспортування автомобілями-рефрижераторами дозволило підтримувати робочу температуру сироватки в межах 13—15°C, що стримувало процес її скисання [3, 6, 14].

Висновки. Досвід, отриманий в результаті реалізації пілотного проекту, окрім істотного зниження техногенного навантаження МПП у Вінницький, Миколаївський та Херсонський областях, дозволив розробити організаційну і технологічну схему, яка може бути реалізована в межах всієї України. Це, в свою чергу,

дозволить забезпечити практично повну переробку відходів основного технологічного процесу МПП і тим самим істотно знизити техногенне навантаження від їх діяльності на довкілля.

Додаток 1

Структура інструкції

1. Галузь застосування	1
2. Нормативні посилання	1
3. Загальні положення	5
4. Перелік промислових відходів молокопереробної промисловості	6
5. Характеристика відходів, що утворюються на підприємствах молокопереробної промисловості	13
6. Порядок обліку відходів	34
7. Збирання та тимчасове зберігання промислових відходів основного виробництва	44
8. Збирання та тимчасове зберігання промислових відходів допоміжних служб	46
9. Вивіз відходів основного виробництва на переробку або захоронення	48
10. Вивіз відходів допоміжних служб на переробку або захоронення	49
11. Поводження з радіоактивними відходами	50
12. Вимоги безпеки при роботі з відходами підприємств молокопереробної промисловості	51
Додаток 1. Паспорт на брухт і відходи чорних та кольорових металів	54
Додаток 2. Журнал обліку радіоактивних відходів	55
Додаток 3. Паспорт на партію радіоактивних відходів, які здаються на захоронення	56
Додаток 4. Норми виходу молочної сироватки	57

* * *

1. Максимов І.Е. Полягання і перспективи використання екозахисних систем у вирішенні проблем відходів / І.Е. Максимов // Муніципальні і промислові відходи: способи зне-

шкодження і вторинної переробки: [аналітичні огляди]. — Серія «Екологія». — Новосибірськ, 1995.

2. Багрянцев Г.І. Термічне знешкодження і переробка промислових і побутових відходів / Г.І. Багрянцев, В.Е. Черников // Муніципальні і промислові відходи: способи знешкодження і вторинної переробки: [аналітичні огляди]. — Серія «Екологія». — Новосибірськ, 1995.

3. Нашинский А.С. Оптимизация условий транспортировки молочной сыворотки на переработку / О.А. Машкин, Ю.Л. Забулонов, А.С. Нашинский // Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. — 2008. — Вип. 45. — С. 108—111.

4. Пашинський О.С. Про можливість використання біоде-структорів для очищення стічних вод молокопереробних підприємств / О.А. Машкін, Ю.Л. Забулонов, Л.Г. Кур'янова, О.С. Пашинський // Науковий вісник УкрНДІПБ. — 2008. — № 1(17). — С. 196—199.

5. Пашинский А.С. Особенности классификации отходов молокоперерабатывающих предприятий по степени опасности / О.А. Машкин, В.Н. Мойсеенко, Н.С. Горбань, А.С. Пашинский, В.А. Гонтарь, Ю.Л. Забулонов // Труды конференції «Сучасні медико-екологічні та економічні аспекти при поводженні з відходами виробництва і споживання», 20—24 травня 2007 р. м. Партеніт (Крим) / Ред. код.: Маторін Є.М. та ін. — К.: Т-во «Знання» України, 2007. — С. 44—45.

6. Пашинський О.С. Зміна властивостей молочної сироватки в процесі її зберігання і транспортування / О.А. Машкін, І.В. Александров, В.А. Гонтар, О.С. Пашинський // Матеріали конференції «Вирішення технологічних та медико-біологічних проблем при використанні промислових і побутових відходів», 25—29 лютого 2008 р. м. Свалява / Ред. Кол.: Наговіцин О.В. та ін. — К.: Т-во «Знання» України, 2008. — С. 62—64.

7. Бікбулатов І.Х. Термічна обробка опадів стічних вод в ізольованих картах мула / І.Х. Бікбулатов, А.К. Шаріпов. — Інженерна екологія, 2001. — № 1. — С. 16—21.

8. Водопідготовка. Процеси і апарати / Під редакцією Мартинової О.Н. — М.: Енергоатоміздат, 1989. — 352 с.

9. Избавление биосферы от токсичных отходов. Проблема и пути ее эффективного решения. — Соликамск: Сильвинит, 1995.
10. Інструкції про порядок одноразового обліку утворення і знешкодження токсичних відходів. — М, 1990.
11. Наркевіч І.П. Утилізація і ліквідація відходів технології органічних речовин / І.П. Наркевіч, В.В. Печковський. — М.: Хімія, 1984.
12. Пілат Б.В., Якунін А.І., Звонкова Е.Е. Нові методи і апарати для очищення стічних вод: [аналітична оглядова інформація] / Б.В. Пілат, А.І. Якунін, Е.Е. Звонкова. — Алма-Ата: КАЗНІІТІ. 1990.
13. Аналіз конструктивних вирішень тонкошарових відстійників: Оглядова інформація / В.Г. Пономарьов, Я.А. Кедров, А.Н. Міхайлов, І.Г. Шафі-заде. — М.: ЦНІІТЕНефтехим, 1989. — Серія «Охорона довкілля». — Випуск 3.
14. Порядок накопичення, транспортування, знешкодження і поховання токсичних промислових відходів СанПіН 3183-84 Мінздоров СРСР, 29.12.84.
15. Санітарні правила по збору, зберіганню, транспортуванню і первинній обробці Увторсировини. СанПіН 2524-82. Мінздоров СРСР, 22.01.82.
16. Санітарні правила проектування, будівництва і експлуатації полігонів поховання не утилізованих промислових відходів. М.: Мінздоров СРСР, 1977.
17. Установка для сорбційно-електрохімічного очищення промислових стоків / Ефімов К.М. і ін. — Інститут еколого-технічних проблем // Екологія і промисловість № 11, 2002. — С. 16—17.
18. Хмельницький А.Г. Використання вторинних матеріальних ресурсів як сировина для промисловості / А.Г. Хмельницький // Муніципальні і промислові відходи: способи знешкодження і вторинної переробки: [аналітичні огляди]. — серія «Екологія». — Новосибірськ, 1995.
19. Хосид Е.В. Досвід впровадження нових мембранних методів водообробки стоків / Е.В. Хосид. — Л.: ЛДНТП, 1989.

Отримано: 18.04.2009 р.

УДК 502.4.

ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

В.В. Рибак

*(Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне)*

На основі системного підходу проведено екологічний аудит меліорованих земель сільськогосподарського призначення з метою обґрунтування екологічно безпечного їх використання: стабілізації екологічної ситуації, вирощування екологічно чистої продукції, розробки рекомендацій щодо екологічного менеджменту.

На основе системного подхода проведен экологический аудит мелируемых земель сельскохозяйственного назначения с целью обоснования экологически безопасного их использования: стабилизации экологической ситуации, выращивания экологически чистой продукции, разработки рекомендаций относительно экологического менеджмента.

On the basis of approach of the systems the ecological audit of the reclaimed earths of the agricultural setting is conducted with the purpose of ground of their ecologically safe use: stabilizing of ecological situation, growing of environmentally clean products, development of recommendations is in relation to an ecological management.

Продовження економічних реформ і курс на євроінтеграцію України передбачає дотримання еколого-орієнтованого розвитку та поетапного покращення умов життя населення, одним з яких є екологічно безпечне функціонування об'єктів довкілля, територіально-господарських систем та в цілому адміністративних одиниць. Одним з інструментів вирішення зазначених задач є екологічний менеджмент, який включає зокрема процедуру екологічного аудиту (ЕА) із забезпечення екологічної безпеки агропромислового сектору економіки.

На думку М.А. Ємець, М.В Макарова, А.Г. Шапара, проблеми оцінки і забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища не можна вирішити без відповідного організаційного, науково-методичного та інформаційного забезпечення [1, 2].

В Російській Федерації розроблений паспорт безпеки адміністративно-територіальної одиниці для забезпечення виконання вимог федерального закону «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Зокрема, державним стандартом Російської Федерації ГОСТ Р 22.2.03-97 встановлені основні вимоги до побудови, викладу, оформлення паспорта безпеки адміністративно-територіальних одиниць, а також його склад [3].

Питання ЕА земельних ресурсів розглянуті в працях О.М. Адаменка, М.Д. Гродзинського, Б.І. Кочурова, Т.П. Галушкіної, А.М. Карелова та ін.

У зв'язку з цим виникає потреба у комплексній оцінці стану екологічної безпеки об'єктів навколишнього природного середовища (НПС), ландшафтів, екосистем та зокрема меліорованих сільськогосподарських землях. Оцінка стану і тенденцій, що відбуваються на меліорованих сільськогосподарських землях, може бути проведена на основі системного підходу та з використанням процедури екологічного аудиту, яка дозволяє отримати висновки та рекомендації для їх раціонального використання, управління територіально-господарськими системами, а в подальшому — адміністративними одиницями.

Складність процедури ЕА полягає в тому, що інформація про стан об'єктів НПС має просторово-часовий розподіл, відноситься до різних галузей знань та рівнів впливу на екологічну безпеку. Процедура ЕА включає міжгалузеві розробки, які визначають основні напрями регіональних прогностичних досліджень. Для підвищення їх ролі в управлінні регіональним розвитком потрібно розглядати міжгалузеві, загальнорегіональні питання стосовно охорони НПС, розв'язання соціальних проблем і залучення інвестицій.

Методика ЕА меліорованих сільськогосподарських земель включає системний аналіз наступних блоків інформації: картографічна інформація; кліматичні умови, що є специфічними

для території; земельні ресурси; водні ресурси; особливо охоронні території та рекреація; біоресурси; комплексні показники перетвореності територій; еколого-меліоративний стан осушуваних земель та апробована в роботах Л.Ф. Кожушко та ін. [4, 5].

Процедура ЕА меліорованих земель проводилась на прикладі меліоративної системи «Деражне—Постійне» Костопільського району Рівненської області (зона Полісся України) та меліоративної системи «Іква» Дубнівського району Рівненської області (зона Лісостепу), для чого використовували аналітичні, натурні, експертні дослідження, моделювання, статистичні дані, результати моніторингу Рівненської області, геоінформаційні технології, наукові розробки тощо. Для ЕА територіально-господарських систем та адміністративних територій запропоновано використовувати інтегральні коефіцієнти, які показують загальний стан та їх взаємозв'язок із станом меліорованих земель. Оцінка адміністративних районів і територій меліоративних систем за комплексом інтегральних показників показала, що такі території взагалі є мало стабільними, середньо перетвореними, з передкризовим екологічним станом щодо екологічної безпеки.

В ЕА доцільно використовувати екологічну класифікацію оцінки якості поверхневих вод через обрахування інтегрального екологічного індексу з метою з'ясування ступеня антропогенного впливу. Причому на початковому етапі доцільно використовувати індекс фітоіндикації екологічного стану поверхневих вод на основі натурних і експертних досліджень. Згідно нормативів складу і властивостей води поверхневі водні об'єкти можуть використовуватись для різних господарських цілей: в сільському господарстві та для зрошення, забезпечення збереження іхтіофауни, для тваринництва у всіх точках спостережень. За окремими показниками якість поверхневої води відповідає нормативам питного забезпечення.

З аналізу багаторічних досліджень можна зробити висновок, що режим рівнів ґрунтових вод при експлуатації осушувальної системи «Деражне — Постійне» залежить від конкретних екзогенних і антропогенних умов осушуваного масиву. Як правило, у річному розподілі рівнів ґрунтових вод виражені всі типові елементи гідрографу: весняний і осінній максимуми

ми, літний і зимовий мінімуми, а також відповідні їм спади і підняття рівнів ґрунтових вод.

За оцінкою вологості ґрунтів, рівнями ґрунтових вод, впливом осушення на прилеглі землі, гідрохімічними показниками, станом ґрунтового покриву, проявами ерозії, зміною реакції ґрунтового розчину, технічним станом системи та іншими показниками на меліоративних системах «Деражне—Постійне» та «Іква» спостерігається незадовільна екологічна ситуація.

Для меліоративної системи «Деражне—Постійне» екологічна інерційність як здатність геосистем уповільнювати негативні явища є середня, а для меліоративної системи «Іква» — слабка. Для меліоративних систем «Деражне—Постійне» та «Іква» визначено, що екологічна ситуація за рівнем проявлення кризових явищ — сприятлива, тобто територія досліджуваних об'єктів не зазнає впливу радіонуклідів та викидів промислових підприємств.

Еколого-меліоративний стан осушувальної системи «Деражне—Постійне» оцінюється як незадовільний. Для меліоративної системи «Іква» — стан покращений.

Дані ЕА еколого-меліоративної характеристики меліоративних систем засвідчують напружену екологічну ситуацію, що відображається у низьких рівнях ґрунтових вод, значних відсотках ріллі, погіршенні агрохімічних характеристик ґрунтів тощо.

З аналізу проведених досліджень випливає, що всі досліджувані ґрунти меліоративної системи «Деражне—Постійне» за відхиленням у відсотках часткових показників від оптимуму мають низький ступінь родючості (відхилення від зони оптимуму > 30%). Податливість ґрунтів процесам ерозії осушувальної мережі — несприятлива.

Оцінка ефективності сільськогосподарського використання осушуваних земель меліоративних систем «Деражне—Постійне» та «Іква» — неефективна. Оцінка еколого-меліоративного стану для системи «Деражне—Постійне» — незадовільна, а системи «Іква» — критична.

Для покращення родючості сільськогосподарських угідь меліоративної системи «Деражне—Постійне» необхідно проводити вапнування кислих та сильно кислих ґрунтів з нормою 0,5—1,0 т/га в залежності від ступеня кислотності, механічного

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

складу і сільськогосподарських культур, які вирощуються на цих землях.

Розрахунок величини синантропності на ділянках із сформованою багаторічною рослинністю (за винятком орних угідь) для обох осушувальних систем показав, що в середньому на території осушувальної системи «Іква» трансформація флори відповідає третьому рівню. Це означає, що частка синантропних видів у загальному видовому складі становить 45—60%, а проекційне покриття їх коливається в межах 20—55%. В межах осушувальної системи такий рівень характерний для помірно використовуваних пасовищ і сіножатей, а також для ділянок із багаторічною рослинністю, свідчить про перевагу таких ділянок на цій системі. Трансформація флори на осушувальній системі «Деражне — Постійне» відповідає четвертому рівню. Це означає, що частка синантропних видів сягає 75%, а їх фітоценотична роль стає переважаючою. В складі синантропних видів завжди присутні заносні види, окремі з яких виділяються помітною фітоценотичною участю (5—7 адвентивних видів на пробній ділянці). В межах осушувальної системи такий рівень характерний для пасовищ, що інтенсивно використовуються, і помірно забур'янених орних земель і ділянок, які недавно порушення ґрунтового покриву.

Результати екологічного аудиту меліоративної системи «Деражне—Постійне» та «Іква» наведені в таблиці 1.

З метою розробки системи екологічного менеджменту проведений розрахунок вартості збитків внаслідок погіршення бонітету ґрунту, який сягає значних величин, а його ліквідація має бути закріплена на правовій основі під час оренди, купівлі, передачі під заставу земельних ресурсів.

На основі даних агрохімічних обстежень порашовані енерговитрати для інтенсивної (на запланований врожай), існуючої та органо-мінеральної з елементами біологізації систем землеробства. Енергоемність врожаю для інтенсивної на запланований врожай в 1,31 більша у відношенні до органо-мінеральної з елементами біологізації та у 1,9 більша у порівнянні з існуючою. Коефіцієнт енергетичної ефективності для мінеральної системи в 1,2 рази більший в порівнянні з органо-мінеральною, та у 1,3 рази більший у порівнянні з існуючою. Отже,

Таблиця 1

Результати екологічного аудиту меліоративних систем «Деражне—Постійне» та «Іква»

Назва показника	Одиниці вимірювання	Оптимальне значення	Фактичне значення, «Деражне—Постійне»	Фактичне значення, «Іква»
Еродованість ріллі	%	0	10	15
Території, на яких проявляються деградаційні процеси	%	0	5	8
Клас якості води у водоприймачі	клас	1	3	3
Задовільний стан відкритої та провідної мережі	%	> 90	60	75
Дегуміфікація мінерального ґрунту	%	< 0,1	4,11	3,1
Спрацювання торфовищ	т/га за рік	< 3	7,25	8,15
Радіоактивне забруднення торфових ґрунтів	Кі/км ²	< 0,4	0,1—0,5	< 0,1
Радіоактивне забруднення мінеральних ґрунтів	Кі/км ²	< 0,2	0,1—0,2	< 0,1
Лісистість	%	50 для зони Полісся і 15 для лісостепу	28	5
Розораність	%	67	67	85
Вміст гумусу в ґрунтах (дерново-підзолисті ґрунти)	%	2,5	2,2	2,4
Норма внесення органічних добрив, виходячи із бездефіцитного балансу гумусу	т/га	16,9	3,5	7—10

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

Продовження табл. 1

Назва показника	Одиниці вимірювання	Оптимальне значення	Фактичне значення, «Деражне—Постійне»	Фактичне значення, «Іква»
Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів	Площа, % земель, що відповідає нормативам	100	25	60
Оцінка осушуваних сільськогосподарських угідь на мінеральних ґрунтах за рівнем залягання ґрунтових вод	%	100% сприятливі (1,1 м)	Сприятливі — 12; Задовільний — 23; Незадовільний — 55; Недопустимі — 10	Сприятливі — 30; Задовільний — 30; Незадовільний — 35; Недопустимі — 5
Щільність забруднення сільськогосподарських угідь:	Кі/км ²	Відсутність забруднення	До 1,0 Кі/км ² на площі 50%. 0,02—0,15 Кі/км ² на площі 2%.	Відсутнє
¹³⁷ Cs				
⁹⁰ Sr				
Ландшафтна репрезентативність	бал	4—5 балів висока і дуже висока	3 — достатня	3 — достатня
Ботанічна значущість територій: - флористична репрезентативність (типовість) та унікальність флори;	За шкалою	5 — дуже висока	Достатня	Достатня

Назва показника	Одиниці вимірювання	Оптимальне значення	Фактичне значення, «Деражне—Постійне»	Фактичне значення, «Іква»
- фауністична репрезентативність та унікальність території	Бал	3	3	3
Коефіцієнт екологічної стійкості сільськогосподарського ландшафту (КЕСЛ1 — кількісна оцінка екологічної стійкості ландшафту)	--	$\leq 0,50$	0,22 нестабільний з яскраво вираженою нестабільністю	Нестабільний
Коефіцієнт екологічної стійкості сільськогосподарського ландшафту (КЕСЛ2 — якісна оцінка екологічної стійкості ландшафту)	—	$\leq 0,33$	Нестабільний	Нестабільний
Категорія ступеня перетвореності ландшафтів	—	2,0—3,8	Слабоперетворені	Середньоперетворені
Оцінка ступеня забруднення поверхневих вод за БПК ₅				
за Драчовим С.М.,		0,5—1,0		1,0—1,2
за Оксіюк О.П. і Жукінським В.М.		1,0—2,0	3,82	2,0—8,0
Фітоіндикація екологічного стану поверхневих водойм за вищими водними рослинами		$< 3,0$	5,3	Від 4,8 до 7,7

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

за врожайності сільськогосподарських культур: зернових — 32 ц/га, кукурудзи на силос — 143 ц/га, картоплі — 180 ц/га, однорічних трав — 152 ц/га, при органо-мінеральній системі землеробства з елементами біологізації і умовами цін на сертифіковану екологічно безпечну продукцію вищу в середньому на 50—100% є економічно, екологічно і соціально вигідною, тому що така система землеробства забезпечує дотримання екологічних вимог, отримання значних прибутків та забезпечення населення екологічно безпечними продуктами харчування.

Система екологічного менеджменту меліорованих сільськогосподарських земель включає: теоретико-методичні основи збереження і раціонального використання земельних ресурсів в контексті сталого розвитку; організаційно-економічні механізми; модернізацію законодавчо-нормативних документів; використання меліорованих земель на основі об'єктивних закономірностей регіонального розвитку; заходи із забезпечення екологічної безпеки; мінімізації екологічних ризиків; умови стабільної діяльності сільськогосподарських підприємств в організаційній структурі екологічно орієнтованого сільськогосподарського технополісу.

* * *

1. Ємець М.А. Сучасні підходи до екологічного нормування та оцінки екологічної безпеки навколишнього середовища / М.А. Ємець, М.В. Мажаров / Дніпропетровськ: ІППЕ НАН України, 1999. — С. 51—59.

2. Методичні підходи до вибору та обґрунтуванню критеріїв та показників сталого розвитку різних ландшафтних регіонів України / А.Г. Шапар, В.Б. Хазан, М.В. Мажаров та ін. — Дніпропетровськ: ІППЕ НАН України, 1999. — 88 с.

3. Карелов А.М. Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации (Учебное пособие по экологическому аудированию, ч. 2) / А.М. Карелов, Г.А. Беллер, И.М. Потравный / Научно-исследовательский центр по проблемам экологической безопасности (НИЦ «Экобезопасность»). — М.: Тройка, 1999.

4. Кожушко Л.Ф. Методологічні засади екологічного аудиту осушуваних земель / Л.Ф. Кожушко, П.М. Скрипчук, В.В. Рибак. — Водне господарство України. — 2007. — № 5. — С. 5—13.

5. Науково-практичні основи екологічного менеджменту осушуваних земель Українського Полісся / Кожушко Л.Ф., Скрипчук П.М. та ін. Монографія. — Рівне: Редакційно-видавничий відділ НУВГП, 2007. — 134 с.

Отримано: 3.02.2009 р.

УДК 502/504/075.8

ТРАНСФОРМАЦІЯ СКЛАДОВИХ БІОСФЕРИ В ПРОЦЕСІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

*В.М. Удод, д-р біол. наук, проф.
(Київський національний університет
будівництва і архітектури)*

В статті представлені теоретичні передумови виникнення трансформації біосфери. Використані дані наукової літератури та особисті узагальнення автора.

В статье представлены теоретические предпосылки возникновения трансформации биосферы. Используются данные научной литературы и собственные обобщения автора.

In article theoretical bases of occurrence of transformation of biosphere in the course of use of natural resources are shown. The data of the scientific literature and own statement of the author are used.

Наша дійсність є такою, що єдність людини з природою стала ілюзорною тому, що порушився природний хід еволюції біосфери. Відчуження людини від природи виникло через умови, коли господарська діяльність людства знаходиться за межами екосистемних законів і розглядати її можна лише як формуючий фактор особливої системи, існування якої та вплив на навколишнє природне середовище обумовлюються, у більшості випадків, соціально-економічними факторами, ніж біосферними закономірностями.

Сьогодні темпи інгредієнтного і параметричного забруднень біосфери зросли, а якісний склад її складових змінився настільки різко, що на значних територіях здатність природи до саморегуляції практично втрачена. На Землі майже не залишилось екосистем, які тією чи іншою мірою не зазнали впливу людини. Найбільш поширені трансформації природних систем наступні:

- зміна структури земної поверхні через такі процеси як розорювання земель, вирубування лісів, меліоративні роботи тощо;

© В.М. Удод, 2009

- зміна біосфери та її складових через такі процеси як видобування корисних копалин, техногенні викиди та скиди в атмосферу і гідросферу тощо;
- зміна енергетичного балансу земної кулі через такі процеси як теплові, альbedo Землі тощо;
- зміна угруповань живих організмів через знищення деяких видів рослин і тварин, переселення їх на нові місця існування.

Саме такі зміни призвели до пошкодження і вичерпування природних ресурсів, а останнє зумовлює деформацію природного колообігу речовин та потоку енергії і порушення гомеостатичного механізму розвитку природних систем. В глобальному плані — почалося прогресуюче руйнування біосфери Землі, що може набути характеру незворотних процесів і навколишнє середовище може стати непридатним для існування.

Кожні наукові гіпотези деградації біосфери стають дійсністю, якщо їх підтвердити кількісними показниками.

Лише внаслідок невідповідності технології сучасного виробництва його масштабам до атмосфери щорічно потрапляє близько 1 млрд т аерозолів і газів, не враховуючи твердих часток розміром понад 10 мкм, які осідають біля джерел забруднення. У наш час видобувають приблизно 120 млрд т руд, горючих копалин, будівельних матеріалів. Із земних надр щорічно видобувають більше хімічних елементів, ніж потрапляє у природний біологічний колообіг: кадмію — у 160 разів, ртуті — у 110, свинцю — у 35, миш'яку та фосфору — у 15, урану — у 6, міді — у 4 тощо, що впливає на стан екосистем. Наслідком такого перерозподілу хімічних елементів на Землі є порушення співвідношення між ними і мікроелементним складом земної кори.

При сучасному рівні виробництва його масштаби можна порівняти з геологічними процесами. А техногенні потоки речовин, як результат забруднення біосфери, у багатьох випадках переважають природні. Важливо, що більшість техногенних забруднень унаслідок циркуляції у біосфері не обмежуються лише місцевим впливом, а діють як на регіональному, так і глобальному рівнях. До глобальних екологічних проблем відносять:

- забруднення ґрунтового покриву, як найбільш вразливої частини літосфери (у світі за рік утворюється 90 Гт відходів); відбувається еволюція первинних ґрунтів та утворення нових, припинення ґрунтоутворюючих процесів тощо;
- загальне забруднення атмосфери у кількісному відношенні у світі — 35 Гт/рік; наслідок забруднення — парниковий ефект, виснаження озонового шару, фотохімічний смог, кислотні дощі тощо;
- загальне забруднення гідросфери у кількісному відношенні у світі — 15 Гт/рік; наслідок забруднення — кількісне та якісне виснаження природних вод;
- скорочення біологічного різноманіття: за останні 100 років еволюції біосфери — 20%.

В більшості країн світу практично не залишилось реліктових ландшафтів, які б не зазнали впливу діяльності людини. Так, в країнах Західної Європи на частку реліктових територій припадає до 4% території цих країн, в Україні — до 7% території країни, в США — до 5% території країни, в країнах Південної Америки та деяких країнах Африки — до 40% території. Це свідчить про вразливість природних екосистем до впливу антропогенних факторів.

Таким чином, рушійною силою еволюції біосфери впродовж останніх ста років є антропогенний фактор, що призвів до виникнення у межах біосфери особливого типу матеріальної системи — техносфери (наприкінці ХХ ст. займала площу 30% від загальної площі біосфери), яка характеризується зміною взаємовідносин людини і природи, трансформацією природних систем, а саме:

- людина не тільки стихійно впливає на навколишнє природне середовище через результати своєї господарської діяльності, а й змінює його відповідно до своїх вимог;
- один із важливих показників трансформації біосфери є просторова структура забруднення природних систем;
- екологічні ситуації в умовах трансформації біосфери мають територіальні і часові масштаби їх прояву, динамічний режим розвитку екологічно небезпечних явищ;
- при трансформації біосфери в умовах природокористування неможливо виключити вплив природних чинників на

біосферу тому, що при всіх екологічних ситуаціях відбувається з однієї сторони — взаємодія живих організмів і довкілля, з другої — творінням рук людських;

- хід і напрямок еволюції природних систем в умовах деградації біосфери в процесі природокористування відбувається за рахунок рушійної сили — позитивних зворотних зв'язків в системі «людина — економіка — біота — середовище», які генерують дестабілізацію цих систем, посилюючи трансформацію її складових.

При здійсненні природоохоронних заходів слід враховувати особливості організації систем. Існування людини можливе лише при збереженні регулюючих механізмів розвитку і функціонування природних систем. Таким природоохоронним механізмом для збереження регулюючих зв'язків в екосистемах може стати управління ними за допомогою від'ємних зворотних зв'язків. Обов'язковою умовою у даному випадку є збереження пристосувальних можливостей природних систем, які виключають негативні тенденції у розвитку екосистем.

В цілому, з точки зору збереження біосфери, слід приділяти увагу біосферно-екологічним небезпекам. А у випадках, коли природні ресурси поступово вичерпуються і порушується стійкий розвиток екосистем, необхідно:

- впровадження біосфероощадящих та біосферопокращуючих технологій, основою яких є коеволюція людини і природи;
- впровадження положень стратегії перехідного періоду до ноосфери — ідеології «стійкого розвитку»;
- впровадження концепції «стійкого розвитку», яка забезпечить створення умов для взаємодії соціально-екологічного розвитку біосфери у поєднанні із соціально-економічними процесами.

Саме за таких умов може відбуватися гармонізація взаємовідносин людини і природи, що забезпечить екологічно стійкий розвиток природних систем.

* * *

1. Воронцов Н.А. Общая экология / Н.А. Воронцов. — М.: «Агар», «Рандеву АМ», 1999. — 422 с.

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

2. Дробноход М.І. Стійкий екологічно безпечний розвиток і Україна / М.І. Дробноход. — К.: МАУП, 2002. — 103 с.

3. Основы природопользования / А.Е. Воробьев, В.В. Дьяченко, О.В. Вильчинская, А.В. Корчагина. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. — 544 с.

4. Сухарев С.М. Основи екології та охорони довкілля / С.М. Сухарев, С.Ю. Чундак, О.Ю. Сухарева. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 394 с.

5. Техноекология / В.М. Удод, В.В. Трофімович, О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук. — К.: КНУБА, 2007/ — 195 с.

Отримано: 3.02.2009 р.

УДК 551.465

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТОЧНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ ГИС

Г.Я. Красовский, д-р техн. наук, проф.
(Институт проблем национальной
безопасности СНБО Украины);
О.С. Бутенко, канд. техн. наук;
А.С. Гребень
(Харьковский национальный аэрокосмический
университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»)

Рассматривается малоизученная в настоящее время задача космических навигационных определений координат объектов ГИС как неподвижных наземных объектов. Анализируется существующая методика оценки потенциальной точности определений координат объектов космической навигации в зависимости от геометрического положения потребителя относительно созвездия навигационных космических аппаратов. Для оценки потенциальной точности космических определений координат объектов ГИС вводится понятие геометрического фактора PDOP-ГИС. Разрабатывается методика вычисления геометрического фактора PDOP-ГИС. Оценивается потенциальная точность навигационных определений.

Розглядається маловивчена в нинішній час задача космічних навігаційних визначень координат об'єктів ГІС як нерухомих наземних об'єктів. Аналізується існуюча методика оцінювання потенційної точності визначення координат об'єктів космічної навігації в залежності від геометричного положення споживача відносно сузір'я навігаційних космічних апаратів. Для оцінки потенційної точності космічних визначень координат об'єктів ГІС вводиться поняття геометричного фактору PDOP-ГІС. Розробляється методика обчислення геометричного фактору PDOP-ГІС. Оцінюється потенційна точність навігаційних визначень.

The problem of space navigating definitions of GIS objects co-ordinates as motionless land objects is considered as insufficiently known now. The existing technique for estimation of potential accuracy of definitions of objects co-ordinates

© Г.Я. Красовский, О.С. Бутенко, А.С. Гребень, 2009

of space navigation depending on geometrical position of the consumer concerning constellation of navigating space vehicles is analyzed. For an estimation of potential accuracy of space definitions of GIS objects co-ordinates the concept of geometrical factor PDOP-GIS is entered. The technique of calculation of geometrical factor PDOP-GIS is developed. Potential accuracy of navigating definitions is estimated.

Введение

В современных КНС* (ГЛОНАСС, GPS для решения задач навигационных определений используются результаты первичных измерений времени задержки и доплеровского смещения частот навигационных радиосигналов не менее чем от 4-х НКА одновременно [1, 2, 3].

По результатам первичных измерений определяются 3 пространственные координаты потребителя, величина расхождения бортовой и наземной шкал времени, 3 составляющих скорости изменения координат потребителя и скорость расхождения шкал времени.

Первичные измерения используются для навигационных определений положения и скорости наземных, морских, речных, воздушных и космических объектов. Алгоритм решения задач и точность навигационных определений для всех потребителей являются одинаковыми.

Однако требования потребителей к объему и точности навигационных измерений не являются одинаковыми. К таким объектам относятся объекты (ГИС). Соответственно, решение навигационных определений приобретает особенности, которые требуют создания и использования специальных методик.

Постановка задачи

Поставим задачу оценки потенциальной точности космических навигационных определений координат объектов ГИС с учётом геометрического положения потребителя относительно созвездия НКА и погрешностей измерения дальностей до НКА. Для решения поставленной задачи будем считать, что:

* Геоинформационная система – ГИС; космическая навигационная система – КНС; космический навигационный приемник – КНП; навигационный космический аппарат – НКА.

- потребителю в составе навигационных сообщений передаются данные о положении и скорости движения НКА;
- известны погрешности измерения дальностей до НКА;
- объекты ГИС представляют собой неподвижные наземные объекты.

Для решения поставленной задачи уточним и будем использовать геометрический фактор КНС.

Анализ существующей методики оценки потенциальной точности определения координат объектов космической навигации

Для характеристики потенциальной точности навигационных определений в настоящее время используются различные коэффициенты геометрии или геометрические факторы GDOP, PDOP, HDOP, VDOP, TDOP [1, 2, 3].

Мерой уменьшения точности навигационных определений, учитывающих только особенности пространственного расположения КНП и НКА, является геометрический фактор PDOP. Для вычисления PDOP необходимо знать величины расстояний от КНП до 3х НКА. В инерциальной геоцентрической системе координат искомые расстояния можно найти как

$$D_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (1)$$

где D_i – расстояние между КНП и i -м НКА (измеряемые КНП параметры); x, y, z – прямоугольные координаты КНП (искомые неизвестные); x_i, y_i, z_i – прямоугольные координаты i -го НКА (известные величины).

Абсолютные погрешности определения дальностей ΔD_i можно найти из системы уравнений (1) с учётом того, что

$$\Delta D_1 = \Delta D_2 = \Delta D_3 = \Delta D \text{ – паспортные характеристики КНС,}$$

$\Delta x_i = \Delta y_i = \Delta z_i = \Delta$ – искомая погрешность навигационных определений координат КНП.

По правилам вычисления абсолютных погрешностей [7] найдём

$$\Delta D = \begin{vmatrix} \frac{x-x_1}{D_1} & \frac{y-y_1}{D_1} & \frac{z-z_1}{D_1} \\ \frac{x-x_2}{D_2} & \frac{y-y_2}{D_2} & \frac{z-z_2}{D_2} \\ \frac{x-x_3}{D_3} & \frac{y-y_1}{D_3} & \frac{z-z_3}{D_3} \end{vmatrix} * \Delta \quad (2)$$

В правой части уравнения (2) величина

$$\begin{vmatrix} \frac{x-x_1}{D_1} & \frac{y-y_1}{D_1} & \frac{z-z_1}{D_1} \\ \frac{x-x_2}{D_2} & \frac{y-y_2}{D_2} & \frac{z-z_2}{D_2} \\ \frac{x-x_3}{D_3} & \frac{y-y_1}{D_3} & \frac{z-z_3}{D_3} \end{vmatrix} = 6V,$$

где V – объем треугольной пирамиды, заключенный между ортами векторов [7, 8], направленных от КНП в направлении на 3 НКА. Величина, обратная 6V, обозначается как PDOP = $\frac{1}{6V}$.

Соответственно погрешность или потенциальная точность определения положения КНП находится как

$$\Delta = \text{PDOP} * \Delta D. \quad (3)$$

Для нормального функционирования КНС необходимо обеспечить PDOP < 6 [1]. В зависимости от числа видимых НКА значение геометрического фактора изменяется (табл. 1) [1].

Вычисление геометрического фактора при определении координат объектов ГИС имеет свои особенности.

Таблиця 1

Геометрический фактор КНС

Параметры	Число видимых НКА					
	4	5	6	7	8	9
HDOP	1.41	1.26	1.15	1.03	0.95	0.89
VDOP	2.0	1.75	1.7	1.61	1.6	1.55
TDOP	1.13	1.03	1.03	0.95	0.93	0.91
PDOP	2.45	2.16	2.05	1.91	1.86	1.79
GDOP	2.69	2.39	2.3	2.13	2.08	2.01

Оценка потенциальной точности измерения координат объектов ГИС

К объектам ГИС относятся различные объекты, положение которых определяется в какой-либо неподвижной наземной системе координат (например, географической) [4, 5]. К таким объектам относятся геологические объекты, объекты топогеодезических и землеустроительных служб, объекты железнодорожных и автомобильных путей сообщения, аэродромов, морских и речных портов, объекты промышленного, сельскохозяйственного, научного, культурного, спортивного, экскурсионного и другого назначения, различные объекты космического мониторинга окружающей среды [6]. Все эти объекты, а также многие военные объекты в рассматриваемой задаче целесообразно отнести к неподвижным наземным объектам.

Положения (координаты) неподвижных наземных объектов могут быть определены не только в инерциальной геоцентрической системе координат x, y, z [1, 2, 3], но и в географической системе координат $л, ц$. Такой переход может быть сделан по правилам перехода от прямоугольной к сферической системе координат [6, 7].

$$\begin{cases} x = R_3 * \cos\lambda * \cos\varphi \\ y = R_3 * \sin\lambda * \cos\varphi \\ z = R_3 * \sin\varphi \end{cases} \quad (4)$$

где $R_3 = 6371$ км – радиус Земли.

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

Теперь для навигационного определения объектов ГИС потребуются находить не три неизвестные координаты (x , y , z), а только две неизвестных координаты (l , $ц$). После нахождения географических координат (l , $ц$) по формуле (4) может быть сделан обратный переход и найдены абсолютные геоцентрические координаты.

Для определения 2-х неизвестных величин (координат) в уравнениях (1) с учётом (4) достаточно вместо 3-х уравнений иметь 2 из них. Для примера возьмём следующую пару уравнений:

$$\begin{cases} D_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \\ D_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2} \end{cases} \quad (5)$$

Измеряемые дальности D_i представили в их проекциях на 3 координатные плоскости (X , Y , Z) d_{ki} ,

$$\begin{cases} d_{1i}^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \\ d_{2i}^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2, \\ d_{3i}^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \end{cases} \quad (6)$$

где k – номер координатной плоскости.

Абсолютные погрешности определения проекций Dd_{ki} находятся из (6).

При использовании 2-х НКА из (6) получим следующие системы уравнений:

$$\begin{cases} d_{11}^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \\ d_{12}^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2, \\ d_{21}^2 = (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 \\ d_{22}^2 = (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2, \\ d_{31}^2 = (x - x_1)^2 + (z - z_1)^2 \\ d_{32}^2 = (x - x_2)^2 + (z - z_2)^2 \end{cases} \quad (7)$$

Абсолютные погрешности определения координат в проекциях на координатные плоскости найдём из (7) как

$$\Delta d_1 = \begin{vmatrix} \frac{x-x_1}{d_{11}} & \frac{y-y_1}{d_{11}} \\ \frac{x-x_2}{d_{12}} & \frac{y-y_2}{d_{12}} \end{vmatrix} * \Delta, \quad \Delta d_2 = \begin{vmatrix} \frac{y-y_1}{d_{21}} & \frac{z-z_1}{d_{21}} \\ \frac{y-y_2}{d_{22}} & \frac{z-z_2}{d_{22}} \end{vmatrix} * \Delta,$$

$$\Delta d_3 = \begin{vmatrix} \frac{x-x_1}{d_{31}} & \frac{z-z_1}{d_{31}} \\ \frac{x-x_2}{d_{32}} & \frac{z-z_2}{d_{32}} \end{vmatrix} * \Delta.$$
(8)

В правых частях уравнений (8) стоят удвоенные значения площадей, заключённых между проекциями ортов соответствующих векторов на координатные плоскости [7, 8]. Поэтому

$$\begin{cases} \Delta d_1 = 2S_1 * \Delta \\ \Delta d_2 = 2S_2 * \Delta, \\ \Delta d_3 = 2S_3 * \Delta \end{cases}$$

где

$$2S_1 = \begin{vmatrix} \frac{x-x_1}{d_{11}} & \frac{y-y_1}{d_{11}} \\ \frac{x-x_2}{d_{12}} & \frac{y-y_2}{d_{12}} \end{vmatrix}, \quad 2S_2 = \begin{vmatrix} \frac{y-y_1}{d_{21}} & \frac{z-z_1}{d_{21}} \\ \frac{y-y_2}{d_{22}} & \frac{z-z_2}{d_{22}} \end{vmatrix},$$

$$2S_3 = \begin{vmatrix} \frac{x-x_1}{d_{31}} & \frac{z-z_1}{d_{31}} \\ \frac{x-x_2}{d_{32}} & \frac{z-z_2}{d_{32}} \end{vmatrix}.$$
(9)

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

Теперь абсолютные значения погрешностей определения координат объектов ГИС при использовании 2-х НКА найдём как

$$\Delta D = \sqrt{\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2 + \Delta d_3^2} = 2 * \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2} = 2 * S, \quad (10)$$

где S – площадь, заключённая между ортами векторов, направленных от КНП-потребителя навигационных определений на любые 2 НКА.

Из (10) найдём

$$\Delta = \frac{\Delta D}{2S}. \quad (11)$$

Величину обозначим аналогично PDOP геометрическим фактором КНС при определении координат объектов ГИС $\frac{1}{2S} = \text{PDOP-ГИС}$. Окончательно найдём

$$\Delta = \text{PDOP-ГИС} * \Delta D. \quad (12)$$

Для сравнительной оценки потенциальных точностей определения положения объектов ГИС при использовании 3-х и 2-х НКА приравняем погрешности (3) и (12). Получим

$$\text{PDOP} * \Delta D = \text{PDOP-ГИС} * \Delta D, \quad (13)$$

где $\text{PDOP} = \frac{1}{6V}$, а $\text{PDOP-ГИС} = \frac{1}{2S}$,

Для единичных векторов (ортов)

$$V = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{1 - \frac{4}{3} \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$S = \sin \alpha,$$

где α – угол между ортами.

Из (13) получаем следующее граничное значение угла α :

$$\alpha=90^\circ.$$

Следовательно, потенциальные точности определения положения объектов ГИС по измерениям 3-х прямоугольных координат и по измерению 2-х географических координат сравниваются только при условии, если орты векторов, направленных от потребителя на НКА, являются ортогональными. Во всех остальных практически важных случаях потенциальная точность определения положения объектов ГИС по измерениям 2-х географических координат является более высокой.

Выводы

Таким образом, для определения положения объектов ГИС допускается, что число одновременно наблюдаемых НКА может быть сокращено на 1 без ухудшения точностных характеристик системы НКА. За счёт этого может быть повышена надёжность навигационных определений. Геометрический фактор КНС PDOP-ГИС при определении координат объектов ГИС, в отличие от геометрического фактора PDOP, обратно пропорционален площади, заключённой между ортами векторов, направленных от КНП-потребителя навигационных определений на любые 2 НКА. Для повышения точности навигационных определений объектов ГИС целесообразно выбирать пару НКА, векторы направлений на которые являются ортогональными или близкими к ортогональным.

* * *

1. Глобальная национальная спутниковая система ГЛОНАСС. Под ред. В.Н. Харисова – М.: ИПРЖР, 1998. – 400 с.
2. Соловьёв Ю.А. Спутниковая навигация и её приложения / Ю.А. Соловьёв. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 236 с.
3. Гофман-Велленгофф Б. Глобальна система визначення місцеположення (GPS) / Б. Гофман-Велленгофф, Г. Ліхтенеггер, Д. Коллінз. – К.: Наук. думка, 1995. – 380 с.

Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

4. Королёв Ю.К. Общая геоинформатика. Часть 1 / Ю.К. Королёв. – М.: Изд. ООО СП ДАТА+, 1998. – 120 с.
5. Шаши Шекхар. Основы пространственных баз данных / Шаши Шекхар, Санжей Гаула. – М.: Кудиц-образ, 2004. – 322 с.
6. Красовский Г.Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды / Г.Я. Красовский, В.А. Петросов. – Х.: ХАИ, 1999. – 206 с.
7. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 718 с.
8. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1997. – 832 с.

Отримано 12.03.2009 р.

**Розділ 3. Інтелектуальні ресурси.
Науково-технологічна безпека**

УДК 502/504

**MODELING OF PHONOELASTIC AND STRAIN-STRESS
PROPERTIES OF ^{13}C HIGH PRESSURE SENSOR
FOR USE IN ECOLOGICAL SAFETY
AND USE OF NATURAL RESOURCES**

Andrey I. Kondrat'yev

*(Doctor of Physical and Mathematical Sciences (Mathematical
Theory and Applications of Conflict Results Prediction). MS, PhD
(Physics) from University of Alabama at Birmingham, USA)*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК-НАПРЯЖЕНИЙ
И ФОНОЭЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ^{13}C -СЕНСОРА
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

А.И. Кондратьев

We investigate different properties of ^{13}C diamond layer which was grown on a top of a brilliant cut diamond anvil. We connected equations of state for diamond with stress and strain concentrating on the case of [100], see ([1]) strain with diamond anvil bearing load plane as (100), (see [1]). We investigated the behavior of optical Γ phonons with respect to pressure, strain and stress parameters. We also did simulation of these problems using finite element modeling and Nike2D computer software. We used O.H. Nielsen approach for modeling of the sensor.

Досліджуються різноманітні властивості прошарку ^{13}C -алмаза, який виростили на верхівці сенсора-діаманта. Поєднані рівняння стану алмаза

© Andrey I. Kondrat'yev, 2009

і концентрації з фоноеластичними властивостями. Досліджуються рівняння, які описують поведінку оптичних фонів в термінах тиску і напруги. Проведено моделювання цих проблем з використанням методу кінцевих елементів і програмного забезпечення Nike2D. Для моделювання сенсора було застосовано метод наближення О. Нільсена.

Исследуются различные свойства слоя ^{13}C -алмаза, выращенного на вершине сенсора - бриллианта. Объединены уравнения состояния алмаза и концентрации с фоноэластическими свойствами. Исследуются уравнения, описывающие поведение оптических фононов в терминах давления и напряжения. Проведено моделирование этих проблем, используя метод конечных элементов и программное обеспечение Nike2D. Для моделирования сенсора применен метод приближения О. Нильсена.

Main Hypothesis. We assume that with initial stress and stress and compressing load as (100) the compressive changes in diamond anvils and in high pressure sensor maybe divided in the following consecutive changes:

1. Initial stresses and strains in [100] direction.
2. Stresses and strains in [110] direction.
3. Stresses and strains in [111] direction.

The resultant are elastic and plastic changes in elastic solids and they are mixture of stresses and strains in [100], [110] and [111] directions. As the result the Raman signal will be also the mixture of the signals of strained cells in each of the directions: [100], [110] and [111]. Formally all of these maybe written in the following way.

1. For stress tensor components

$$\vec{t} = \alpha_1 \vec{t}_{[100]} + \beta_1 \vec{t}_{[110]} + \gamma_1 \vec{t}_{[111]}; \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 1.$$

2. For strain tensor components

$$\vec{\eta} = \alpha_2 \vec{\eta}_{[100]} + \beta_2 \vec{\eta}_{[110]} + \gamma_2 \vec{\eta}_{[111]}; \alpha_2 + \beta_2 + \gamma_2 = 1.$$

3. For phonoelastic tensor components

$$\vec{\Omega} = \alpha_3 \vec{\Omega}_{[100]} + \beta_3 \vec{\Omega}_{[110]} + \gamma_3 \vec{\Omega}_{[111]}; \alpha_3 + \beta_3 + \gamma_3 = 1.$$

Research Goals include investigation, verification, and modeling of Diamond Equations of State, Γ Optical Phonon Behavior, High Pressure Sensor Calibration

Introduction. We study the behavior of Γ optical phonons in diamond anvil which are triply degenerate when strain is not present. When external pressure appears and thus internal strains are present the diamond cubic symmetry does not exist anymore and this triplet is split. On Fig.1 the ^{13}C high pressure sensor is presented.

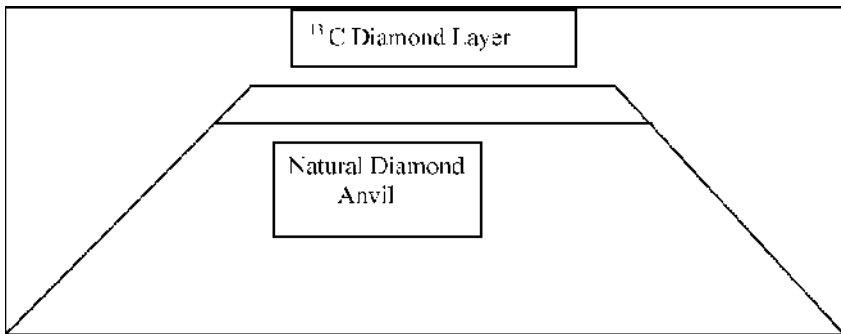


Fig. 1. ^{13}C High Pressure Sensor in the form of a layer on natural diamond anvil.

Real Problem of Raman Peak Shift. While compressing the sensor and anvils in DAC at 156 GPa pressure we've obtained the following shift of the Raman signal (see Fig. 2). The most interesting thing is that the Raman signal from the sensor is widened and at 156 GPa pressure this signal has the width of 21.51 $1/\text{cm}$. The main goal of this article is to try to analyze this phenomenon and to try to develop the physical and mathematical models of it. Our first step is the data analysis. In Table 1 we put all numerical data of this pressure sensor. We analyze all points on the graph in the range from 1542 $1/\text{cm}$ to 1563 $1/\text{cm}$ and the peaks (graphs) associated with them.

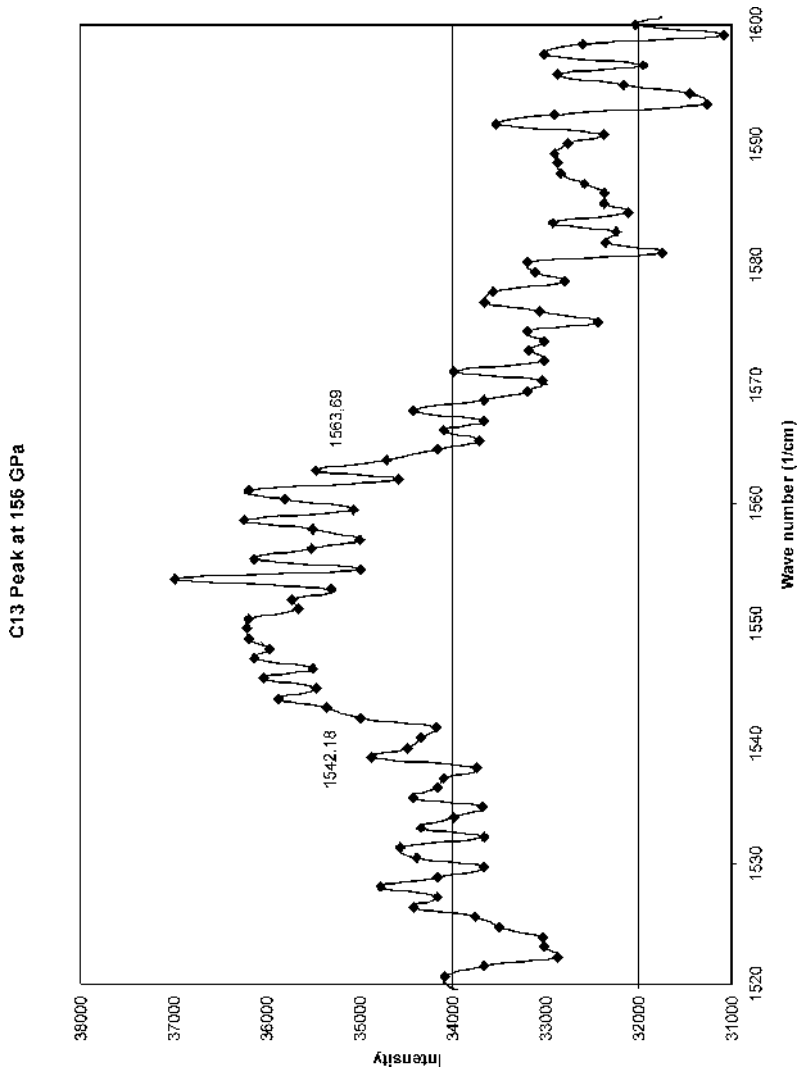


Fig.2. Raman Signal from ^{12}C Natural Diamond Anvils and ^{13}C High Pressure Sensor

Table 1 — Numerical Presentation of the Raman Signal from High Pressure Sensor

Number of the Point	Wave Number Value(1/cm)	Intensity of Raman Signal (ye)	Length of the Interval associated with the point (1/cm)
1	1542.18	34977	0.83
2	1543.01	35348	0.82
3	1543.83	35864	0.83
4	1544.66	35472	0.83
5	1545.49	36029	0.83
6	1546.32	35492	0.83
7	1547.15	36133	0.82
8	1547.97	35967	0.82
9	1548.8	36195	0.83
10	1549.63	36216	0.83
11	1550.46	36195	0.82
12	1551.28	35657	0.83
13	1552.11	35719	0.83
14	1552.94	35306	0.83
15	1553.77	36983	0.82
16	1554.59	34977	0.83
17	1555.42	36133	0.83
18	1556.25	35513	0.82
19	1557.07	34997	0.83
20	1557.90	35492	0.83
21	1558.73	36236	0.82
22	1559.55	35059	0.83
23	1560.38	35802	0.83
24	1561.21	36195	0.82
25	1562.03	34586	0.83
26	1562.86	35472	0.83
27	1563.69	34709	0.82

We can see that all relative width for each point signal is about the same as 0.82–0.83 1/cm.

Our next step is to analyze the local peaks which are parts of this part of the curve. These local curves (peaks) are described in Table 2.

Elements of Lagrangian Elastic Theory. There are different ways to present Lagrangian point of view on Solid Mechanics issues. The way the most close to our goals is presented in [1].

Within Lagrangian elastic theory for a strain tensor $\vec{\eta}$ and \vec{t} as a stress tensor we have

$$\vec{\eta} = \vec{\varepsilon} + \frac{1}{2} \vec{\varepsilon}^2,$$

$$\vec{t} = \det(\vec{I} + \vec{\varepsilon})(\vec{I} + \vec{\varepsilon})^{-1} \vec{\sigma}(\vec{I} + \vec{\varepsilon})^{-1}.$$

Table 2 – Description of the Peaks in the Raman Signal from High Pressure Sensor

Number of the Peak (Curve)	Points (Vertices) Included in the Peak	Corner Vertices of the Peak	Length of the Peak (1/cm)	Maximum Intensity of the Peak (ye)	Left Boundary (1/cm)	Right Boundary (1/cm)
1	1, 2, 3, 4	1, 4	2.48	36864	1542.18	1544.66
2	4, 5, 6	4, 6	1.66	36029	1544.66	1546.32
3	6, 7, 8	6, 8	1.65	36133	1546.32	1547.97
4	8, 9, 10, 11, 12	8, 12	3.31	36216	1547.97	1551.28
5	12, 13, 14	12, 14	1.66	35719	1551.28	1552.94
6	14, 15, 16	14, 16	1.65	36983	1552.94	1554.59
7	16, 17, 18, 19	16, 19	2.48	36133	1554.59	1557.07
8	19, 20, 21, 22	19, 22	2.48	36236	1557.07	1559.55
9	22, 23, 24, 25	22, 25	2.48	36195	1559.55	1562.03
10	25, 26, 27	25, 27	1.66	35472	1562.03	1563.69

where $\bar{\epsilon}$ is a physical strain tensor defined by the replacement in the following $\vec{r} \rightarrow (\vec{1} + \bar{\epsilon})\vec{r}$, and $\bar{\sigma}$ is a physical stress tensor. General strain-stress relations are

$$t_i = \sum_j C_{ij} \eta_j + \frac{1}{2} \sum_{j,k} C_{ijk} \eta_j \eta_k + \dots$$

$$\bar{u} = \sum_j A_j \eta_j + \frac{1}{2} \sum_{j,k} A_{jk} \eta_j \eta_k + \dots,$$

where C_{ij} , C_{ijk} are elastic constants and \bar{u} is a vector of all relative replacements and A_j , A_{jk} are internal strain tensors. We assume that bearing load plane of diamond anvil and bearing load of the ^{13}C diamond layer to be parallel and to be (100). We have then the case of strain directed as [100] and thus the strain tensor $\bar{\eta}$ will be written in rather simple way

$$\bar{\eta}_{[100]} = \begin{bmatrix} \eta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Notice that for the case of [110] strain the tensor will be

$$\bar{\eta}_{[110]} = \begin{bmatrix} \eta_1 & \eta_1 & 0 \\ \eta_1 & \eta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

For the case of [111] case the tensor will look like this

$$\bar{\eta}_{[111]} = \begin{bmatrix} \eta_1 & \frac{1}{2}\eta_4 & \frac{1}{2}\eta_4 \\ \frac{1}{2}\eta_4 & \eta_1 & \frac{1}{2}\eta_4 \\ \frac{1}{2}\eta_4 & \frac{1}{2}\eta_4 & \eta_1 \end{bmatrix}.$$

$$t_1 = C_{11}\eta_1 + \frac{1}{2}C_{111}\eta_1^2;$$

$$t_2 = t_3 = C_{12}\eta_1 + \frac{1}{2}C_{112}\eta_1^2$$

For [100] strain case the stress tensor $\vec{t}_{[100]} = \begin{bmatrix} t_1 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 \end{bmatrix}$ is

presented by the main components t_1, t_2, t_3 . In our case they are equal to.

For case of [110] strain case the stress tensor components $\vec{t}_{[110]}$ are written in the following way

$$t_1 = t_2 = (C_{11} + C_{12})\eta_1 + \frac{1}{2}(C_{111} + 3C_{112} + 4C_{166})\eta_1^2,$$

$$t_3 = 2C_{12}\eta_1 + (C_{112} + C_{123} + 2C_{144})\eta_1^2,$$

$$t_6 = 2C_{44}\eta_1 + 4C_{166}\eta_1^2.$$

For case of [111] strain case the stress tensor components $\vec{t}_{[111]}$ are written in the following way

$$t_1 = t_2 = t_3 = (C_{11} + 2C_{12})\eta_1 + \frac{1}{2}(C_{111} + 6C_{112} + 2C_{123})\eta_1^2 +$$

$$+ \frac{1}{2}(C_{144} + 2C_{166})\eta_4^2,$$

$$t_4 = t_5 = t_6 = C_{44}\eta_4 + (C_{144} + 2C_{166})\eta_1\eta_4 + C_{456}\eta_4^2.$$

We also plan to use Eulerian approach in order to use the Birch equation of state and to compare each obtained result in both theories. Both theories differ in the coordinate systems being fixed and associated with some a priori chosen inertial coordinate system

or coordinate system is being inbuilt in the solid and is under transformation as well as the solid is. We present the Birch's results [3] which connects Eulerian strain $\tilde{\eta}^E$ tensor and Eulerian stress tensor \tilde{t}^E

$$\tilde{\eta}^E = \frac{1}{2}[\tilde{\mathbb{I}} - (\tilde{\mathbb{I}} + \tilde{\epsilon})^{-2}] = \frac{1}{2}[\tilde{\mathbb{I}} - (\tilde{\mathbb{I}} + 2\tilde{\eta})^{-1}];$$

$$\tilde{t}^E = \det(\tilde{\mathbb{I}} + \tilde{\epsilon})(\tilde{\mathbb{I}} + \tilde{\epsilon})\tilde{\sigma}(\tilde{\mathbb{I}} + \tilde{\epsilon}).$$

In Nike2D model we use cylindrical system of coordinates and regular notation is the following for [100] strain case.

$$\begin{aligned}\sigma_{zz} &= \sigma_1, \\ \sigma_{rr} &= \sigma_2, \\ \sigma_{\theta\theta} &= \sigma_3, \\ \sigma_2 &= \sigma_3\end{aligned}$$

where using elastic constants presented in [1] for Lagrangian and Euler theories we write the following stress/strain dependencies for stress tensor for the case of [100] strain.

Lagrangian Approach.

$$\begin{aligned}t_1 &= 1081\eta_1 - 3150\eta_1^2; \\ t_2 = t_3 &= 125\eta_1 - 400\eta_1^2\end{aligned}$$

Eulerian Approach.

$$\begin{aligned}t_1 &= 1081\eta_1 + 2785\eta_1^2; \\ t_2 = t_3 &= 125\eta_1 - 415\eta_1^2\end{aligned}$$

These relations are shown on Fig. 3.

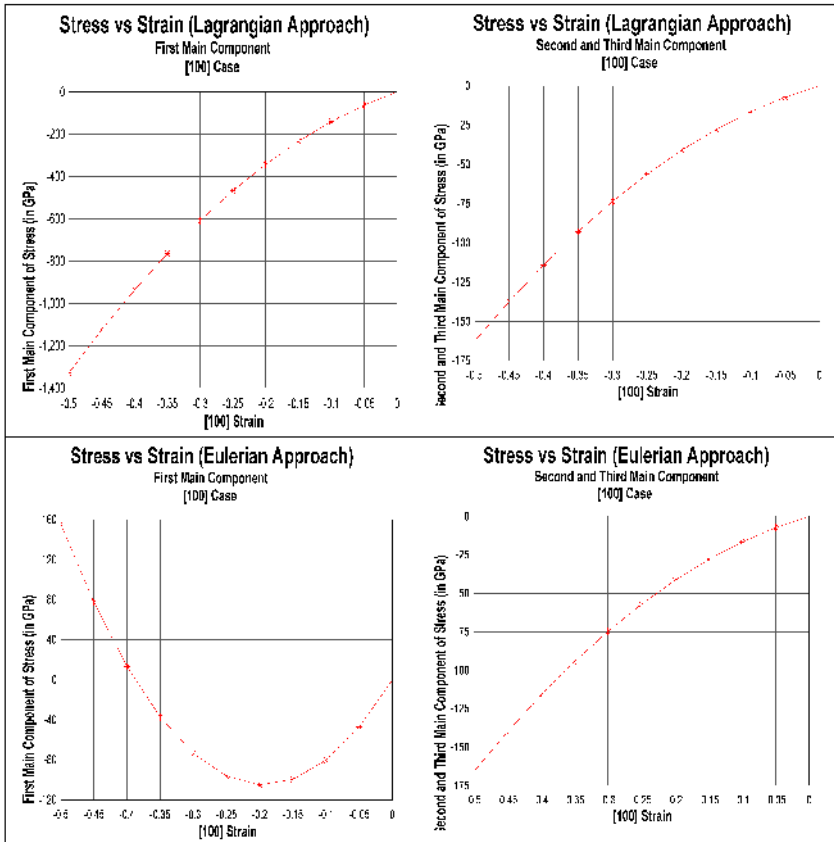


Fig.3. Stress/Strain Relations in Lagrange and Euler theories for [100] strain case

As we can see the Lagrangian approach gives better approximation to the experimental data. Nike2D simulation model also well match First Main Stress Component in the stress tensor for Lagrangian approach. For the case of [110] strain the tensor stress components are

Lagrangian Approach.

$$t_1 = t_2 = 1207\eta_1 - 6450\eta_1^2;$$

$$t_3 = 250\eta_1 - 710\eta_1^2;$$

$$t_6 = 1158.4\eta_1 - 10440\eta_1^2.$$

Eulerian Approach.

$$t_1 = t_2 = 1207\eta_1 + 3103.5\eta_1^2;$$

$$t_3 = 250\eta_1 + 150\eta_1^2;$$

$$t_6 = 1158.4\eta_1 + 3132\eta_1^2.$$

For the case of [111] strain the stress tensor components are.

Lagrangian Approach.

$$t_1 = t_2 = t_3 = 1331.5\eta_1 - 1875\eta_1^2 - 2595\eta_4^2;$$

$$t_4 = t_5 = t_6 = 579.2\eta_4 - 5190\eta_1\eta_4 - 1310\eta_4^2.$$

Euleria Approach.

$$t_1 = t_2 = t_3 = 1332.5\eta_1 + 965\eta_1^2 + 859.5\eta_4^2;$$

$$t_4 = t_5 = t_6 = 579.2\eta_4 + 1719\eta_1\eta_4 + 571\eta_4^2.$$

High Pressure Sensor Calibration (Present Models). The use of ^{13}C diamond layer as a high pressure sensor and its calibration was described in [2]. The calibration of this type of sensor was also investigated by different authors and as was confirmed in [2] a quadratic fit for a relative shift of a Raman peak with respect to pressure is a good model. If $\Delta\omega = \omega - \omega_0$ is a relative shift of a Raman peak and P is a pressure then the following quadratic fit $\Delta\omega = aP = bP^2$, where a and b are constants is valid. Several comparable fits are presented in the Table 3 below.

Diamond Equation of State. We consider two equations of state for diamond : one suggested by Birch [4] , another by Murnaghan [5]. On Fig. (left) the Birch equation of state is shown, on Fig.

Table 3 — Different Quadratic Fits for a Relative Shift of a Raman Peak

#	Source	Constant a	Constant b
1	Eremets	2.258	- 0.0024
2	Akahama et al.	2.179	- 0.0018
3	Sun et al.	2.062	- 0.0014
4	Wei et al.	2.418	- 0.0038
5	Our Nike2D Model	2.423	- 0.0034

(right) the Murnaghan equation of state is shown, on Fig. our Nike2D simulation model results are shown. The Nike2D model simulation results are very close to the Birch model. The parameter used in Nike2d model is the ratio $(V_0/V) - 1$, we use the same parameter for the Birch and Murnaghan models for easy comparison.

If B is a bulk modulus, $B' = \frac{dB}{dP} = \text{constant}$, then for diamond we have the following Murnaghan diamond equation of state.

$$P = 158.62 \left[\left(\frac{V_0}{V} \right)^{2.9} - 1 \right],$$

V_0 is the volume at ambient pressure and V is a current volume. Birch diamond equation of state

$$P = 658.5 \left(\frac{V_0}{V} \right)^{5/3} \left[\left(\frac{V_0}{V} \right)^{2/3} - 1 \right] \left[1 + 0.375 \left(\left(\frac{V_0}{V} \right)^{2/3} - 1 \right) \right]$$

In Nike2D the parameter used is the following ratio: $\left(\frac{V_0}{V} \right) - 1$.

For the purpose of better comparison we present the Birch and Murnaghan equations of state for diamond with respect to the same ratio. Both Birch We notice that much better comparison with Nike2D model diamond equation of state was made for the Birch transformed model. Nike2D model is shown on Fig.5. Birch and Murnaghan transformed functions are shown on Fig.4.

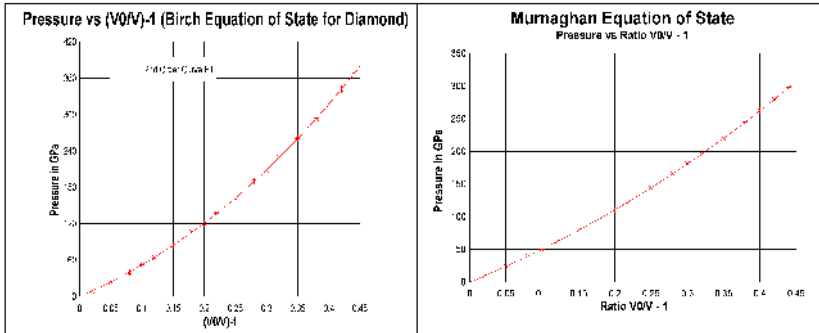


Fig. 4. Birch transformed and Murnaghan transformed Diamond Equation of State

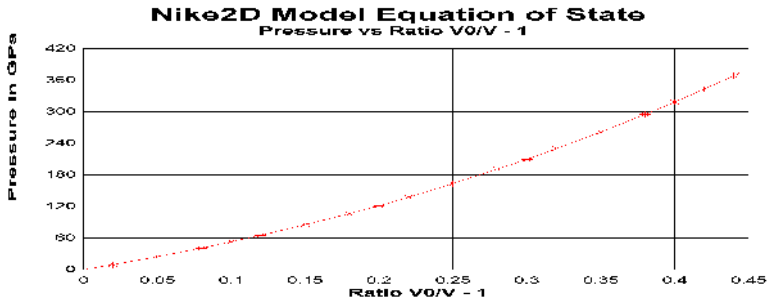


Fig.5. Nike2D Model Diamond Equation of State

Optical Γ Phonon Behavior with respect to Stress and Strain. We assume as in [1] that the optical Γ phonon is completely described by the phonon-frequency tensor

$$\vec{\Omega} = \begin{bmatrix} \Omega_1 & \Omega_6 & \Omega_5 \\ \Omega_6 & \Omega_2 & \Omega_4 \\ \Omega_5 & \Omega_4 & \Omega_3 \end{bmatrix}.$$

Phonon-frequency tensor components maybe expressed as functions of strain

$$\Omega_i = \omega_0 \{ \delta_i + \sum_j \Omega_{ij} \eta_j + \frac{1}{2} \sum_{j,k} \Omega_{ijk} \eta_j \eta_k + \dots \},$$

where $\bar{\delta} = \{\delta_i\}$ is a unit tensor, $\Omega_{ij}, \Omega_{ijk}$ are dimensionless phonoelastic constants. In the case of [100] strain we have the following relations for normal mode frequencies of phonon-frequency tensor.

$$\Omega_1 = \omega_0 \left(1 + \Omega_{11} \eta_1 + \frac{1}{2} \Omega_{111} \eta_1^2 \right);$$

$$\Omega_2 = \Omega_3 = \omega_0 \left(1 + \Omega_{12} \eta_1 + \frac{1}{2} \Omega_{112} \eta_1^2 \right)$$

Notice that for the case of small pressure value we can restrict our case only with [100] strain. With the pressure increased we have automatically strain appearing in [110] direction and with further pressure increase in [111] direction. The main reason is that the diamond unit cell are being deformed from its initial equilibrium position and those cases will automatically appear due shear stress and other effects. The resultant strain is some linear combination of strains in all these three directions mentioned above. All of this will cause us also to consider these directions as separate and important ones. For the case of [110] strain we have for phonoelastic tensor

$$\Omega_1 = \Omega_2 = \omega_0 \left[1 + (\Omega_{11} + \Omega_{12}) \eta_1 + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} (\Omega_{111} + 3\Omega_{112} + 4\Omega_{166}) \eta_1^2 \right],$$

$$\Omega_3 = \omega_0 \left[1 + 2\Omega_{12} \eta_1 + (\Omega_{112} + \Omega_{123} + 2\Omega_{144}) \eta_1^2 \right],$$

$$\Omega_6 = \omega_0 (2\Omega_{44} \eta_{11} + 4\Omega_{166} \eta_1^2).$$

The normal modes for the case of [110] strain are $\Omega_1 + \Omega_6; \Omega_1 - \Omega_6; \Omega_3$. For Lagrangian approach we have the following normal modes for [110] strain

$$\Omega_1 + \Omega_6 = 1281 - 5556.978 \eta_1 + 2469.768 \eta_1^2;$$

$$\Omega_1 - \Omega_6 = 1281 - 120.414 \eta_1 + 3105.144 \eta_1^2;$$

$$\Omega_3 = 1281 - 1954.806 \eta_1 + 9607.5 \eta_1^2.$$

Dependence of strain is shown on Fig.6. Normal modes for [110] strain for Eulerian approach

$$\Omega_1 + \Omega_6 = 1281 - 5295.6\eta_1 - 24273\eta_1^2;$$

$$\Omega_1 - \Omega_6 = 1281 - 381.8\eta_1 + 526.4\eta_1^2;$$

$$\Omega_3 = 1281 - 1954.8\eta_1 + 6994.26\eta_1^2.$$

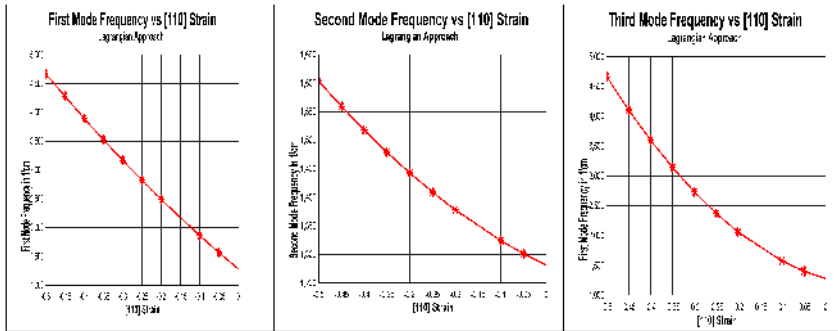


Fig. 6. Normal Modes for Case of [110] Strain (Lagrangian Approach).

On Fig.7 normal modes vs. strain for the case of [110] strain for Eulerian approach is shown.

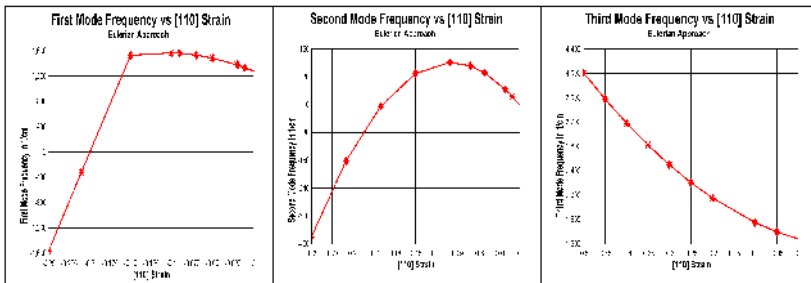


Fig. 7. Normal Modes for Case of [110] Strain (Eulerian Approach).

For the case of [111] strain we have the following components of the phonoelastic tensor.

$$\begin{aligned}\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega_3 &= \omega_0[1 + (\Omega_{11} + 2\Omega_{12})\eta_1 + \\ &+ \frac{1}{2}(\Omega_{111} + 6\Omega_{112} + 2\Omega_{123})\eta_1^2 + \frac{1}{2}(\Omega_{144} + 2\Omega_{166})\eta_4^2], \\ \Omega_4 = \Omega_5 = \Omega_6 &= \omega_0[\Omega_{44}\eta_4 + (\Omega_{144} + 2\Omega_{166})\eta_1\eta_4 + \Omega_{456}\eta_4^2].\end{aligned}$$

The normal modes for the case of [111] strain are $\Omega_1 + 2\Omega_4, \Omega_1 - \Omega_4$, the last is double degenerate. The normal modes for the case of [111] strain for Lagrangian approach are

$$\begin{aligned}\Omega_1 + 2\Omega_4 &= 1281 - 3816\eta_1 + 6.885\eta_1^2 - \\ &- 2449.2\eta_4 + 1537.2\eta_1\eta_4 - 3355.9\eta_4^2; \\ \Omega_1 - \Omega_4 &= 1281 - 3816\eta_1 + 6.885\eta_1^2 + \\ &+ 1224.6\eta_4 - 768.6\eta_1\eta_4 + 1678.4\eta_4^2.\end{aligned}$$

The normal modes for [111] strain for Eulerian approach are presented in the following way

$$\begin{aligned}\Omega_1 + 2\Omega_4 &= 1281 - 3816\eta_1 - 7107.6\eta_1^2 - \\ &- 2457\eta_4 - 14014\eta_1\eta_4 - 8653.1\eta_4^2, \\ \Omega_1 - \Omega_4 &= 1281 - 3816\eta_1 - 7107.6\eta_1^2 + \\ &+ 1228.5\eta_4 + 7007\eta_1\eta_4 - 928.7\eta_4^2.\end{aligned}$$

Our investigation shows that the relative shift of a Raman peak follows the following Hanfland et al [] equation. And it is the best fit for it. We have calculated the parameters of Hanfland model fitting experimental data. The model now is

$$P = 859.95 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{5/3} \left[\left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{2/3} - 1 \right] \left[1 - 0.2545 \left\{ \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{2/3} - 1 \right\} \right].$$

Notice that the parameters of the Hanfland model which fit the experimental data are $a = 573.3$ GPa, $b = 0.2545$ (dimensionless). In experimental data we used $\omega_0 = 1281$ 1/cm. The dependence between ***P*** and ω is shown on Fig. 8. Hanfland dependence is presented in the form of direct and inverse functions. On Fig.9 is shown the same type of dependence we obtained by simulation this problem using the Nike 2D model in the form of direct and inverse functions.

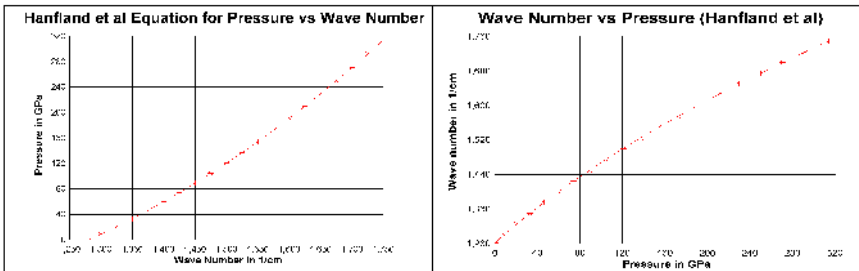


Fig. 8. Hanfland Pressure / Wave Number Model (direct and inverse representation)

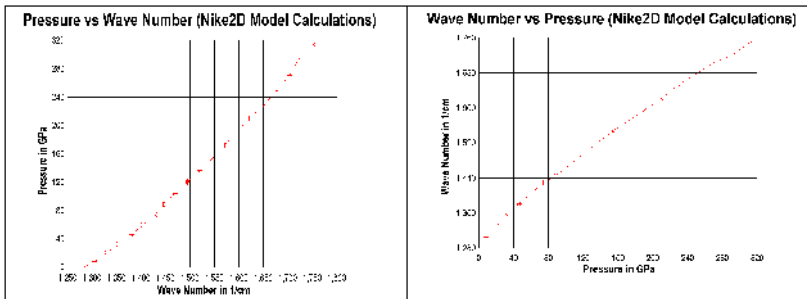


Fig. 9. Nike2d Model connecting pressure and wave number

For alternative model we used Nielsen model [1] which for [100] strain case normal mode frequencies for phonon-frequency tensor will be.
Lagrangian approach.

$$\Omega_1 = 1281 - 1857.45\eta_1;$$

$$\Omega_2 = \Omega_3 = 1281 - 973.56\eta_1 + 960.75\eta_1^2;$$

$$\omega_0 = 1281$$

Eulerian approach.

$$\Omega_1 = 1281 - 1857.45\eta_1 - 3843\eta_1^2;$$

$$\Omega_2 = \Omega_3 = 1281 - 973.56\eta_1 - 832.65\eta_1^2$$

$\omega_0 = 1281$. Both Lagrangian and Euler approaches for Nielsen model are shown on Fig.10.

Maximum Shear Stress. We investigated the behavior of maximum shear stress for [100] strain case in order to find points where the anvil may fail. If τ_{\max} is a maximum shear stress, then

$$\tau_{\max} = \frac{t_1 - t_2}{2} = \frac{1}{2}\eta_1(C_{11} - C_{12}) + \frac{1}{4}(C_{111} - C_{112})\eta_1^2$$

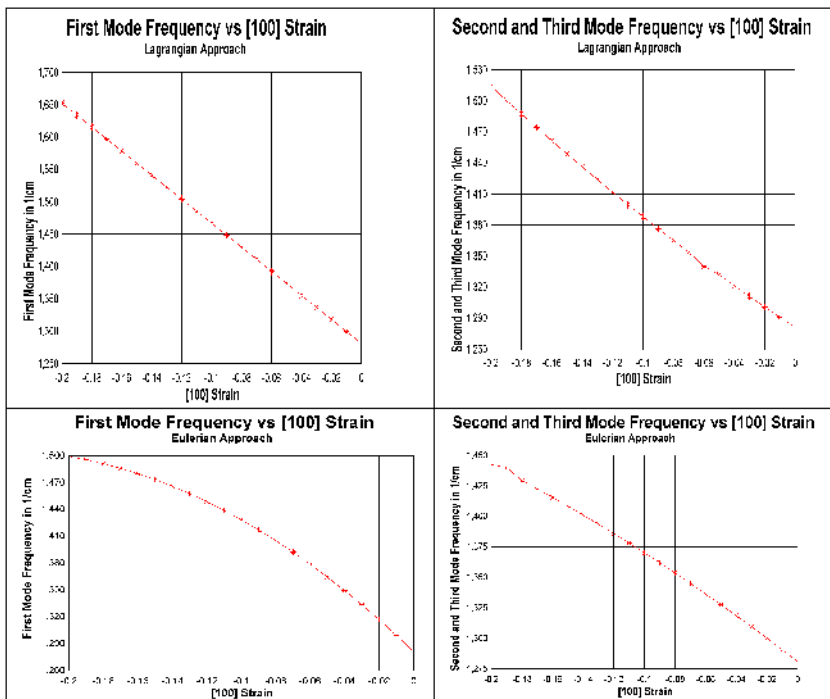


Fig. 10. Normal Mode Frequencies for Nielsen model (Lagrangian and Euler representation)

Lagrangian approach. $\tau_{\max} = 461.5\eta - 1375\eta^2$.

Eulerian approach. $\tau_{\max} = 461.5\eta + 1600\eta^2$.

Both functions are presented on Fig.11. The point of interest for us will be the strain value for which the maximum shear stress reaches value of about 100GPa. Behavior of maximum shear stress is more realistic in Lagrangian approach.

Investigation of R1 ratio. We introduce the variable R1, $R1 = \frac{\sigma_r}{\sigma_z}$

This ratio is rather important in diamond anvil compression problem. Our goal to connect values of R_1 with the [100] strain. We have for ratio R1

$$R1 = \frac{t_2}{t_1} = \frac{C_{12}\eta_1 + \frac{1}{2}C_{112}\eta_1^2}{C_{11}\eta_1 + \frac{1}{2}C_{111}\eta_1^2} = \frac{2C_{12} + C_{112}\eta}{2C_{11} + C_{111}\eta}$$

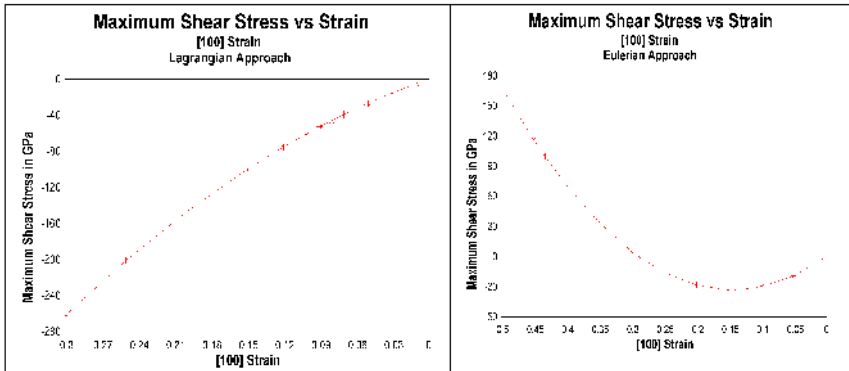


Fig.11. Relation of Maximum Shear Stress vs [100] Strain (Lagrangian and Euler approach).

As the result we obtain.

$$\text{Lagrangian approach. } R1 = \frac{254 - 800\eta_1}{2100 - 6300\eta_1}.$$

$$\text{Eulerian approach. } R1 = \frac{254 - 830\eta_1}{2100 + 5570\eta_1}.$$

These ratios for Lagrangian and Eulerian approaches are presented on Fig.12. Analysis shows full advantage of Euler theory for $R1$ ratio.

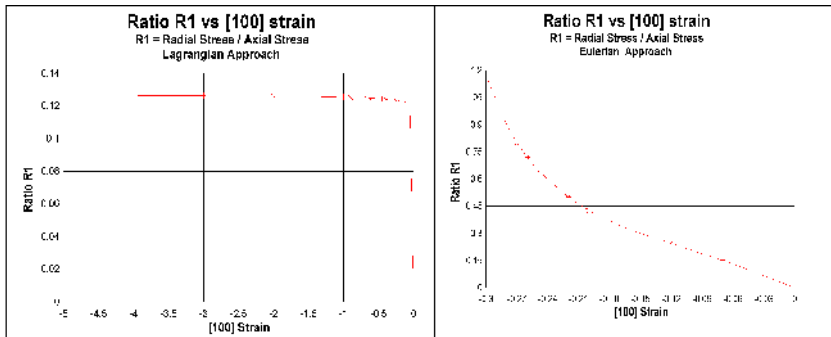


Fig.12. Ratio $R1$ for Lagrangian and Euler approaches

Description of a Raman Peak Shift of Γ Optical Phonon using Coordinate Position. The advantage of Nielsen model presented before for the case of [100] strain based upon the use of strain tensor component. We connect normal mode frequencies of phonon-frequency tensor with

the measuring point location in a strained diamond using $\eta_1 = \frac{x}{x_0} - 1$.

Lagrangian approach.

$$\Omega_1 = \omega_0 \left[2.33 - 1.33 \frac{x}{x_0} \right];$$

$$\Omega_2 = \Omega_3 = \omega_0 \left[0.75 \left(\frac{x}{x_0} \right)^2 - 2.26 \left(\frac{x}{x_0} \right) + 2.51 \right]; \quad \omega_0 = 1281 (1/cm)$$

Eulerian approach.

$$\Omega_1 = \omega_0 \left[-3 \left(\frac{x}{x_0} \right)^2 + 4.67 \left(\frac{x}{x_0} \right) - 0.67 \right];$$

$$\Omega_2 = \Omega_3 = \omega_0 \left[-0.65 \left(\frac{x}{x_0} \right)^2 + 0.54 \left(\frac{x}{x_0} \right) + 1.11 \right];$$

$\omega_0 = 1281$ 1/cm. These dependencies are presented on Fig. 13.

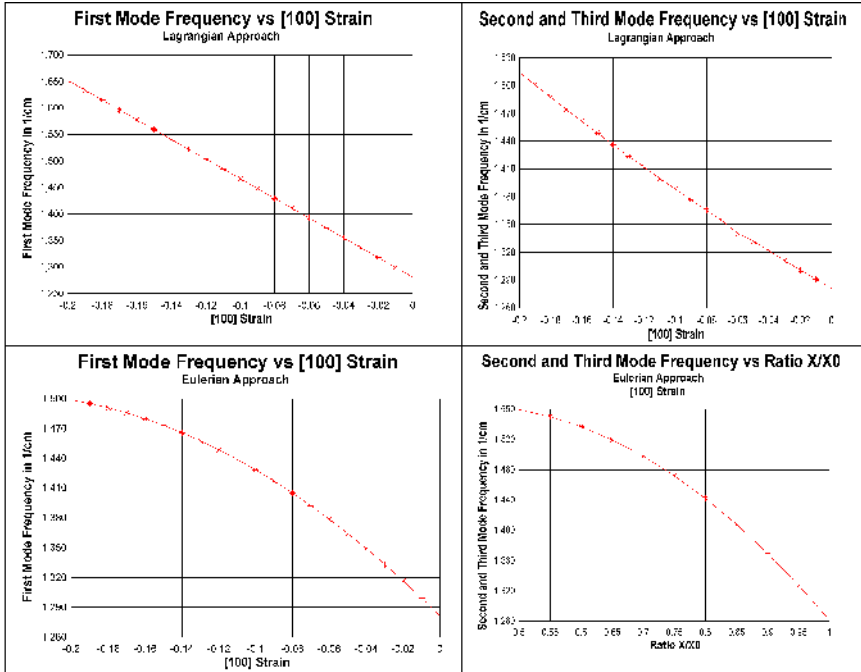


Fig. 13. Normal Mode Frequencies of Optical Γ Phonon in a [100] Strained Diamond

Notice that both models explain split of triplet of optical phonon in unstrained diamond (Hanfland model does not show that) in a singlet and doublet (First Mode Frequency explains a singlet , the Second and the Third Mode Frequency represent the doublet). Also we can see that these normal modes behavior is relatively close to experimental data (Eulerian approach).

Description of Pressure with respect to Coordinate Position. For the case of [100] strain we don't have any internal parameter to be calculated for describing the internal stress/strain relations. For unstrained diamond for [100] strain case the loading axis is x axis and let x_0 be the initial position. Basically in this case we are talking about the tip of ^{13}C diamond layer, physically it corresponds to the gasket/diamond layer interface. Notice that for the case of $x = x_0$ all stress, strain, pressure values will be equal to zero. By changing the position of x we will obtain stress and strain values not equal zero and for negative values of strain (compression in negative x axis direction) we will connect these values with the stress tensor components. Notice that the same type of curve will be obtained if the pressure on gasket/diamond anvil is not equal zero and lets it will be some value of pressure P_0 , then along the loading axis with respect to loading (axial) coordinate this value will be added to each pressure component. Thus the study of pressure vs coordinate position in a strained diamond is essential. For the strain in [100] direction we have the following relation

$$\eta_1 = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1 = \frac{x}{x_0} - 1.$$

Using relation between strain and physical strain tensors can also easily can connect them in the following way:

$$\varepsilon_1 = -1 + \sqrt{1 + 2\eta_1}. \text{ We will make the following mathematical}$$

assumptions (for the case of [100] strain). $P = \frac{2t_1 + t_3}{3}$, where

$$t_1 = C_{11}\eta_1 + \frac{1}{2}C_{111}\eta_1^2; t_2 = t_3 = C_{12}\eta_1 + C_{112}\eta_1^2. \text{ Thus}$$

$P = \left(\frac{2C_{12}}{3} + \frac{C_{11}}{3}\right)\eta_1 + \left(\frac{C_{112}}{3} + \frac{C_{111}}{6}\right)\eta_1^2$. In the form of pressure/coordinate x representation

$$P = \left(\frac{x}{x_0}\right)^2 \frac{1}{6}(C_{111} + 2C_{112}) + \left(\frac{x}{x_0}\right) \frac{1}{3}[(C_{11} - C_{111}) + 2(C_{12} - C_{112})] + \frac{1}{6}[(C_{111} - 2C_{11}) + 2(C_{112} - 2C_{12})].$$

Using elastic constants for Lagrangian and Eulerian theories we obtain the following functions.

Lagrangian approach.

$$P = -1316.67\left[\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 - 2.33\left(\frac{x}{x_0}\right) + 1.33\right], x \leq x_0.$$

Eulerian approach.

$$P = 651.67\left[\left(\frac{x}{x_0}\right)^2 - 1.33\left(\frac{x}{x_0}\right) + 0.33\right], x \leq x_0.$$

These pressure/loading coordinate relations for Lagrangian and Eulerian approaches are presented on Fig.15. The curve for Lagrangian approach gives a good agreement with our Nike2d computer simulation model.

Change of Total Energy with respect to Strain. We investigate the change of total energy of a diamond using Nielsen approach for [100] strain case. We will have the following function related to strain in [100] direction.

$$\frac{\Delta E_{total}}{V_0} = \frac{1}{2}C_{11}\eta_1^2 + \frac{1}{6}C_{111}\eta_1^3 + \frac{1}{24}C_{1111}\eta_1^4.$$

Using values of elastic constants we obtain

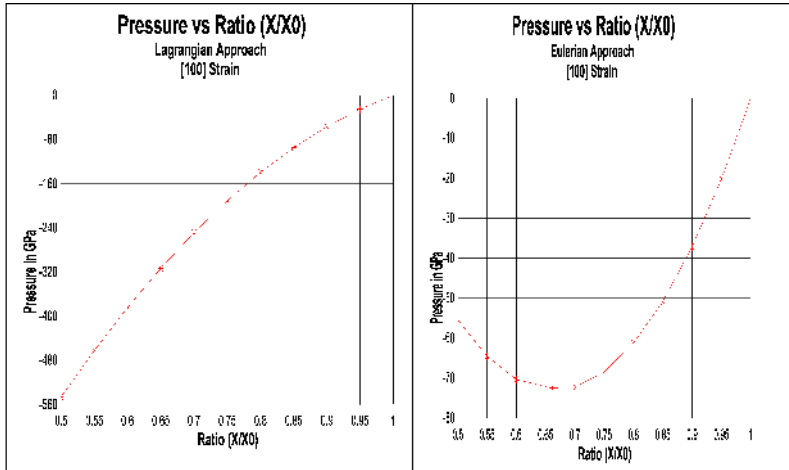


Fig.14. Pressure vs ratio $\frac{x}{x_0}$ (Lagrangian and Eulerian approach)

Lagrangian approach.
$$\frac{\Delta E_{total}}{V_0} = 525\eta_1^2 - 1050\eta_1^3 + 181.67\eta_1^4.$$

Eulerian approach.
$$\frac{\Delta E_{total}}{V_0} = 525\eta_1^2 + 928.33\eta_1^3 + 679.17\eta_1^4.$$

Both functions are on Fig. 15.

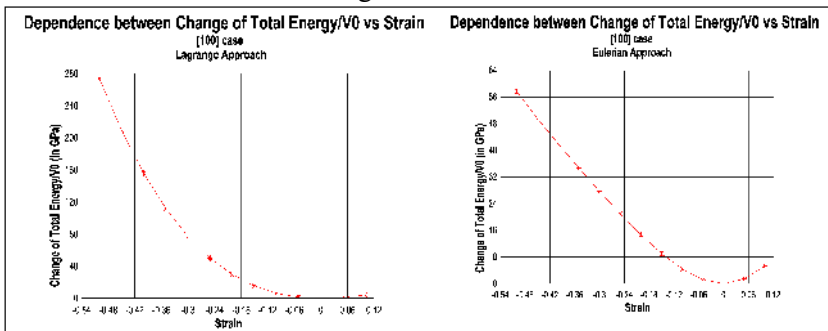


Fig.15. Total Diamond Crystal Energy Change as Function of Strain for [100] case (Lagrangian and Euler Approaches)

Notice that in case of Lagrange approach the energy change is about four times faster than in case of Eulerian approach. On our opinion Lagrangian approach is more preferable.

Conclusions

1. We proved that Hanfland et al model for the relative shift of a Raman peak is a much better fit the the well known and well accepted quadratic fit. The Hanfland model was also confirmed by our simulations on Nike2D computer model.

2. Our Nike2d simulation model has shown the full advantage of Birch equation of state for diamond.

We confirmed by investigation and by computer simulation that under the external pressure the splitting occurs (into singlet and doublet) of Γ 1. optical phonon which was originally triply degenerate in unstrained diamond crystal. Our main results were confirmed in our Nike2D computer simulation model.

2. The peaks 1, 7, 8, 9 (Table 2) are produced by first normal mode in [100] strained compressed sensor cells. Peaks 2, 3, 5, 6, 10 are produced by first normal mode in [110] strained compressed sensor cells. Peak 4 is produced by first normal mode in [111] strained compressed sensor cell.

5. We considered applications of our results in ecological safety and use of natural resources.

Discussion

1. We study the behavior of Γ phonons along the loading axis of diamond anvils and high pressure sensor. While being compressed the strained diamond anvils and high pressure sensor cells along the initial loading axis will be located in arbitrary order with respect to the direction of this axis. For a randomly chosen diamond cell along the Γ phonon axis the direction of a cell axis

$$\vec{n} = (\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma); \quad \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1.$$

Then we have the following

$$\begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \cos \beta \\ \cos \gamma \end{pmatrix} = \cos \alpha \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \cos \beta \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \cos \gamma \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} =$$

$$(\cos \alpha - \cos \beta) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + (\cos \beta - \cos \gamma) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \cos \gamma \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

The last shows that arbitrary chosen strained direction maybe represented as the linear combination of [100], [110], and [111] strained directions.

2. We assume that along the Γ phonon line the diamond cells are arbitrary oriented in all of these three directions [100], [110], and [111] in the proportion $a : b : c; a + b + c = 1$.

References

1. *O.H.Nielsen*, Phys.Rev. B, 34, 5808 (1986).
2. *Wei Qiu, P.A.Baker, N.Velisavljevic, Y.K.Vohra, S.T.Weir*, J. Appl.Phys. 99,1 (2006).
3. *F.Birch*, Phys.Rev.71, 809 (1947).
4. *F.Birch*, J.Geophys.Res. 57, 227 (1952).
5. *F.D. Murnaghan*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 50, 697 (1944).
6. *M.Hanfland, K.Syassen, S.Fahy, S.G.Louie, and M.L.Cohen*, Phys.Rev. B 31, 6896 (1985).

Отримано: 17.04.2009 р.

УДК 502/504; 628.3

НОВАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ

В.Д. Захматов, д-р техн. наук, проф.;
Н.В. Щербак
(Институт телекоммуникаций и
глобального информационного пространства
НАН Украины)

Описана нова техніка універсального розпилення різних вогнегасних сумішей та вперше природних матеріалів: рідини, гелю, піни, порошку, ґрунту, пилю, піску, води, грязі, снігу за рахунок використання енергії мікрозарядів вибухових речовин. Наведені основні переваги нової універсальної техніки пожежогасіння та захисту: ефективність дії з допомогою невеликих кількостей екологічно чистих сумішей та матеріалів, збільшення радіусу, площі та об'єму ефективної дії у два та більше разів, низька собівартість виробництва, конструктивна простота та мінімальний сервіс, надійна, ефективна робота при екстремальних температурах від -50°C до +60°C, тривалий термін служби (до 10 років).

Описана новая техника универсального распыления различных огне-тушащих составов и впервые природных материалов: жидкости, гелей, пены, порошков, грунтов, пыли, песка, воды, грязи, снега за счет использования энергии микрочарядов взрывчатых веществ. Приведены основные преимущества новой универсальной техники пожаротушения и защиты: эффективное действие с помощью малых количеств экологически чистых составов и материалов, отсутствие трубопроводов и емкостей высокого давления, малый вес и компактность, увеличение радиуса, площади и объема эффективного действия в два и более раз, низкая себестоимость производства, конструктивная простота и минимальный сервис, надежная, эффективная работа при экстремальных температурах от -50°C до +60°C, длительный срок службы (до 10 лет).

A novel approach of dispersing extinguishing agents and natural substances (at first), including liquids, gels, foams, powders, ground, sand, water, dirty,

© В.Д. Захматов, Н.В. Щербак, 2009

miry, snow, employing propelling and disintegrating energy of explosive microcharges to pulverize various agents and substanges on to long range and discharge its over large areas or volumes, is presented. The new pulse extinguishing and protecting technology main features are: conventional and environment friendly agents and substances in smaller specific masses than their usual requirements, no need for pressurised cylinders and piping, flexibility in systems design, increased effectiveness on a weight-volume basis, effective range, area, volume is double and more, low cost effective, simple devices and minimal service, operates with reliable, stable and high effeciency at hard-to-reached zones and at extreme temperatures up to +60°C down to -50°C, long shelf-life up to 10 years.

В настоящее время современные информационные технологии, в том числе использование географических, информационных систем и спутников дистанционного зондирования Земли, широко применяют для отслеживания и анализа операций по ликвидации последствий катастроф. Потенциально эти информационные технологии создают наилучшие условия для быстрой и эффективной ликвидации последствий катастроф, в частности, с помощью армейских подразделений. Однако современная защитная техника инерционная, слабоуправляемая и низкоэффективная, что позволяет только в очень незначительной степени влиять с помощью информационных технологий на реальную эффективность её работы [1].

В последние годы в связи с нехваткой аварийно-спасательных подразделений и опасностью решаемых задач наблюдается устойчивая тенденция к увеличению масштабов участия военных, армейских и флотских соединений в ликвидации последствий техногенных аварий, стихийных бедствий, локальных войн, террористических и диверсионных акций. Однако опыт применения военных частей и подразделений демонстрирует их малую эффективность и высокий уровень травматизма. Это связано с низкими техническими возможностями современной аварийно-спасательной техники и невозможностью обеспечить достаточный уровень подготовки солдат и матросов для работы на этой технике, весьма значительно отличающейся по устройству и эксплуатации от боевого вооружения. Нельзя из одного и того же человека готовить двух различных специалистов — солдата и спасателя, обладающих хотя бы средним

уровнем квалификации по обеим специальностям. Как показывает практика, это будет плохой солдат или плохой спасатель [2].

Тем не менее, неуклонно возрастающие техногенные, стихийные, военные и террористические угрозы не позволяют в настоящее время и не позволят в будущем ни одному государству отказаться от крупномасштабного использования хорошо организованных, гибко управляемых людских ресурсов армии и флота при ликвидации последствий катастроф, пожаров, токсичных и радиоактивных выбросов, разливов нефти, контроле массовых беспорядков и антитеррористических операциях. Руководящие документы НАТО предусматривают расширенное использование военных подразделений для осуществления аварийно-спасательных работ, в т. ч. создания совместных НАТОвских сил быстрого реагирования для создания оперативной помощи странам — членам НАТО и союзникам при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Есть только один путь обеспечить высокую эффективность и безопасность применения войсковых подразделений для ликвидации последствий ЧС — это создание специального вооружения, способного эффективно ликвидировать последствия ЧС при обеспечении безопасности военных, применяющих это вооружение. Обязательным условием является конструктивная, эксплуатационная и сервисная похожесть — соответствие нового вида вооружения традиционному оружию. Это в очень большой степени сближает боевую и аварийно-спасательную подготовку солдат и матросов, что позволит им высокоэффективно участвовать в аварийно-спасательных операциях и при этом одновременно повышать свой уровень боевой и психологической подготовки к действиям в экстремальных условиях.

Современная техника не может обеспечить современное и эффективное тушение пожаров по следующим причинам:

- большие массы огнетушащих составов, которые надо привозить на пожар;
- долговременная подготовка к тушению, множество людей и техники, малозащищенных даже от стрелкового оружия;
- неопределенность времени тушения даже при больших расходах огнетушащих составов.

В настоящее время по всему миру широко рекламируются германские пневматические импульсные системы фирмы «YFEX-3000»:

- ручные профессиональные огнетушители — ранцевые и возимые на тележках, стоимостью от 5 тысяч до 10 тысяч USD;
- многоствольные установки на подъемниках;
- одноствольные установки на вертолетах.

Германская пневматическая импульсная техника фирмы «YFEX-3000» (табл. 1) обеспечивает эффективное тушение при очень малых расходах воды: всего около 1 л на м² площади пожара. На сегодня эта техника является наиболее эффективной и универсальной по сравнению с традиционными пневматической, механической и гидравлической техникой тушения пожаров. Однако эта техника обладает рядом весьма существенных недостатков:

- большой вес баллона и магистралей высокого давления;
- возможность использования только чистой воды;
- опасность тяжелых травм операторов этой техники при разрыве шлангов и соединительных муфт;
- низкая надежность техники вследствие сложной конструкции клапана высокого давления, их засорение;
- по мере увеличения мощности резко возрастает вес и снижается рост эффективности импульсных установок, например, пневматические одноствольные «пушки» на джипах и вертолетах относительно менее эффективно, чем ранцевые импульсные огнетушители.

Предлагается принципиально новая импульсная техника, гораздо более эффективная, безопасная и универсальная. Впервые в мире создана техника, обладающая следующими качественными преимуществами (см. табл. 1) по сравнению с лучшими образцами мировой техники:

- расход огнетушащих составов еще в 1,5—2 раза ниже, чем у огнетушителей фирмы «YFEX-3000»;
- эффективное использование, без дополнительной подготовки конструкций, любых жидких и порошковых составов, впервые — вязких и клейких составов, а также экологически чистых природных материалов — грунта, песка, воды, грязи, промышленных порошковых отходов;

- гибкая и простая регулировка вида, мощности и масштаба воздействия;
- простота осуществления комбинированного тушения;
- низкая стоимость;
- простота конструкций, высокая технологичность массового производства на различных заводах или в ремонтных мастерских;
- высокая надежность и стабильность работы в широком диапазоне температур (от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$), погодных (ветер) и климатических (влажность, запыленность) условиях;
- высокая степень безопасности работы, человек выводится из опасной зоны;
- постановка светотеплозащитных завес для обеспечения эвакуации людей и техники;
- предотвращение объемных взрывов газов, паров, пыли в помещениях и на открытом воздухе;
- локализация разливов нефти на воде, выбросов радиоактивных пыли и аэрозолей.

В настоящее время в Украине и Швейцарии хорошо отработаны и испытаны в реальных условиях следующие образцы новой, близкой по конструкции методу работы к вооружению, импульсной техники пожаротушения и многоплановой защиты (см. табл. 1).

Носимый мини-огнетушитель предназначен для пожарных, полицейских и спасателей как постоянно носимое средство индивидуальной многоплановой защиты от пожаров, объемного взрыва, светового или теплового излучения, а также от нападения террориста и пр. Данный мини-огнетушитель может быть весьма прибылен в продаже широким слоям населения: для домов, офисов, автомобилей, грузовиков, автобусов, железной дороги, кораблей, судов, самолетов, аэропортов, вокзалов, башенных отделений пр.

Переносной импульсный огнетушитель: одноствольный и многоствольные варианты предназначены преимущественно для профессионалов: пожарных, спасателей, охранников, военных, обученных добровольцев-пожарных. Производство данного огнетушителя создается в Швейцарии фирмами «Pugomex» и «Highland Technologies» в г. Цуг.

Таблиця 1

Сравнительные характеристики украинско-швейцарских и германских образцов импульсной техники тушения пожаров

Вид импульсной техники Пневматической – 2, 4, 7, 9 Патронной – 1, 3, 5, 6, 8, 10, 11	Параметры воздействия		Объем, м ³	Вес огнетушащего состава / общий, кг	Стоимость USD
	Дальность, м	Площадь, м ²			
1. Бытовой мини-огнетушитель	3–5	1–1,5	2–3	0,5/0,8	15
2. Ранцевый огнетушитель IFEX-3012	1–2	10–15	15	10/19	5500
3. Профессиональные огнетушители: Однствольный «Импульс-1/2»	10–20	15–120	30–200	2x6 = 12/18	200
Четырехствольный	3–5	4–6	8–12	0,5x4 = 2/5,5	100
Шестиствольный	10–15	12–40	25-80	1,5x6 = 9/12	300
4. Огнетушитель на тележке “YFEX-3050”	0,5–2	50–75	100–150	50/90	11000
5. Огнетушители шестиствольные на тележке	20–40	60–120	120–250	60/90	1000
на подъемнике	20–40	60–120	120–250	60/120	3000
6. Шестиствольный IFEX на подъемнике	10–20	60–120	100–200	60/150	15000
7. Однствольный IFEX на джипе	10–40	800–1200	1400–2000	100/2000	500000
8. Импульс-20/20 на шасси джипа	40–80	1000–1500	2000–3000	20x20=400 /700	10000 без

Вид импульсной техники Пневматической – 2, 4, 7, 9 Патронной – 1, 3, 5, 6, 8, 10, 11	Параметры воздействия		Объем, м ³	Вес огнетушащего состава / общий, кг	Стоимость USD
	Дальность, м	Площадь м ²			
Импульс-50/30 на шасси грузовика, танка, САУ	60–100	1500–2500	3000–5000	1500/10000–3000/30000	30000 шасси
Импульс 80/40 на шасси аэродромной пожарной машины	60–120	2000–3500	4000–7000	2400/15000 4800/30000	45000
9. Пневматический IFEX на вертолете	10–40	800–1200	1400–2000	1000/2000	500000
10. Подвесные бомбы на вертолете «Импульс-9/200»	50–500 высота полета	1300–2000 окончательное тушение	2000–3000	9×200 = 1800/2900	10000
11. Сбрасываемые бомбы с самолета	1000–4000 высота полета	Временное сбитие пламени < 1000	<3000	330/500	500

Многоствольный возимый огнетушитель может применяться в оперативных пожарных частях или для защиты объектов: промышленных, административных, транспортных – вокзалы, метро, аэропорты, багажные терминалы, подземные гаражи, сельские дома, фермы, склады.

Многоствольная установка на джипе может использоваться в самых различных оперативных, объектовых, сельских, профессиональных и добровольных, пожарных и аварийно-спасатель-

ных командах. Вследствие высокой степени простоты, надежности, качества работы и многоплановости воздействия многоствольная «пушка» на джипе пригодна для сельской местности и защиты военных объектов. В последнем случае весьма важна близость к традиционному оружию тактико-технических характеристик, конструкции приемов и методов работы.

Вертолетная установка наиболее эффективна для тушения низовых, локальных лесных пожаров, локализации верховых, массовых пожаров и самых различных пожаров в отдаленных местностях (тайга, саванна, пустыня, степь) и труднодоступных районах аварий и катастроф — радиоактивно или токсично зараженных объектах или местностях. Очень эффективна вертолетная подвеска для локализации крупномасштабных разливов нефти на водной поверхности — река, озеро, море, океан, в т.ч. при ветре и волнении [3]. В Швейцарии готовится к испытаниям опытно-промышленный образец нового варианта подвески и её снаряжения.

Данная техника не имеет аналогов в мире по своим тактико-техническим характеристикам. Наибольшие преимущества по сравнению с традиционной данная техника имеет при использовании в пустынях, безводных местностях, вследствие малых расходов огнетушащих составов, возможности эффективного использования экологически чистых, местных природных материалов для тушения и решения защитных задач [4].

Кроме защитных многоплановых функций импульсная техника весьма эффективна для контроля массовых беспорядков. Используя экологически чистые, инертные материалы, эта техника может создавать весьма внушительные вихри, облака, оказывающие сильное психологическое воздействие с кратковременным, но сильным раздражающим воздействием на органы зрения, дыхания, обоняния, мгновенной потерей ориентации и видимости на больших территориях. Возможно так же мгновенно обеспечить видимость в требуемое время на четко заданных локальных участках для групп обезвреживания террористов. Такая техника весьма эффективно может значительно ускорить операции по локализации и обезвреживанию террористических групп, уменьшить людские потери при проведении таких операций.

Одно из основных преимуществ импульсной техники — это реальная возможность исключить присутствие пожарных и спасателей в труднодоступных зонах, быстро и эффективно ликвидировать очаги пожаров, возможных взрывов, утечек активных — токсичных, биологически и радиоактивных — материалов с безопасных дистанций.

Впервые появляется возможность своевременно обеспечить светотеплозащиту групп людей и вывод их из труднодоступных зон [5].

Впервые стало возможным проведение крупномасштабных акций по пожаротушению, например, лесных пожаров, в том числе верховых [3], многоплановой защите с помощью распыления небольших масс местных природных экологически чистых материалов — грунта, песка, воды, грязи, глины и пр.

Впервые реальной становится возможность гибкого, достаточно быстрого, технически простого управления мощностью, направленностью, масштабами, скоростью, видом защитного воздействия при высокоточном накрытии источников поражающего воздействия и зон поражения. Точность, равномерность и эффективность накрытия зон заданных размеров впервые обеспечивает возможность создания эффективных автоматизированных систем и роботизированных установок [4].

* * *

1. Безродный И. Современные технологии пожаротушения / И. Безродный. — М. — Пожарное дело №№ 3, 4, 5, 1998 г.

2. Взрывчатые вещества, пиротехника, средства инициирования в послевоенный период: Люди. Наука. Производство. — М.—СПб.: Изд. Гуманистика, 2001 г. — 928 с.

3. Патенты РФ, № 2146544 и № 2146545 от 2000 г., 2.078.600 от 1997 г. РСТ /RU 97/ 00151 от 1999 г.

4. Захматов В.Д. Перспективные импульсные устройства и автоматические системы пожаровзрывозащиты радиационно зараженных объектов / В.Д. Захматов. — М. — Пожаровзрывобезопасность. — № 5, 1999. — С. 69—75. 5, 1999. — С. 69.

5. Импульсные системы для эвакуации людей из зон пожаров. «Винахідник і раціоналізатор», № 3 (53), 2006. — С. 18—23.

Отримано: 5.04.2009 р.

УДК 676.12

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВОДООЧИСТКИ В ОСВЕТИТЕЛЬНО-СОРБЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

*Б.М. Борисов, канд. техн. наук
(Лаборатория водоснабжения КНИЦ УААН)*

Подчеркнута необходимость интенсификации процесса осветления, обесцвечивания и дезодорации воды в осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружениях. Показаны преимущества использования в технологии очистки воды осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружений, которые не требуют обязательного нового строительства, а могут внедряться в производство в процессе реконструкции действующих сооружений. Предложено применение пенополистирольных фильтров и гранодиоритно-угольных контактных осветлителей, поскольку они лишены недостатков, присущих угольно-песчаным и другим фильтрам, связанных со снижением сорбционной емкости сорбентов.

Підкреслено необхідність інтенсифікації процесу прояснення, знебарвлення та дезодорації води в прояснювально-сорбційних фільтрувальних спорудах, які не потребують обов'язкового нового будівництва, а можуть бути інкапсульовані в виробництві в процесі реконструкції діючих споруд. Запропоновано використання пінополістирольних фільтрів та гранодіоритно-вугільних контактних освітлювачів як таких, що не мають недоліків, властивих вугільно-піщаним та іншим фільтрам, що базуються на зниженні сорбційної ємності сорбентів.

Necessity of an intensification of process of clarification, decolouration and water deodorization in Clarification and absorbtion filtering constructions is underlined. Advantages of use in technology of water treating of decolouration and absorbtion filtering constructions which do not demand obligatory new building are shown, and can take root into manufacture in the course of reconstruction of operating constructions. Application foam-polystyrene filters and granodioric-coal contact decolouration as they are deprived the lacks inherent in ugolno-sandy and other filters, connected with decrease absorbtion is offered to capacity of sorbents.

© Б.М. Борисов, 2009

Применение в практике водоочистки фильтровальных сооружений с природными и техническими адсорбентами более перспективно, чем углевание воды. В фильтровальных сооружениях сорбенты создают условия и выполняют функции постоянно действующего барьера более надежно. В отличие от углевания применение сорбционных фильтров для извлечения из воды органических ингредиентов основано на их адсорбции в неподвижном слое сорбента. При пропускании раствора адсорбата через загрузку адсорбента сорбируемые вещества образуют движущийся фронт адсорбции по высоте загрузки. Элементарные сорбционные слои постепенно насыщаются сорбатом, извлекая их из раствора. После насыщения всего слоя загрузки наступает момент проскока веществ цветности и запаха в фильтрат [1, 2, 3, 4].

Установлено, что обесцвечивание и дезодорация природных вод в угольных фильтрах усиливается в результате проявления сорбентом каталитических свойств. Наличие на адсорбционной поверхности участков с повышенным адсорбционным потенциалом, объясняемым присутствием оксидов общего состава C_xO_y , и является причиной действия каталитических сил. В результате именно на этих участках происходит концентрация сорбируемых веществ и ускорение реакций между ними [4]. Действие каталитических сил способствует деструкции молекул органических веществ, улучшая их сорбцию.

Применение метода окисления совместно с сорбционным методом интенсифицирует процесс обесцвечивания и дезодорации воды. Предварительная обработка воды хлором, равно как и его производными, озоном, перманганатом калия с последующей адсорбцией загрязнений в угле приводит не к простому суммированию процессов, а к возникновению нового, заключающегося в каталитическом окислении загрязнений и сорбции продуктов распада, по отношению к которым адсорбент обладает более высокой емкостью поглощения, чем к исходному продукту. Возрастает в этом случае и продолжительность межрегенерационного периода сорбента [3, 5].

Предварительное хлорирование и озонирование сырой воды на Днепровской водопроводной станции г. Киева в 1996 году перед ее фильтрованием в слое донецкого активированного

антрацита существенно повышало эффективность сорбционной очистки. Это преимущество возрастало с увеличением времени эксперимента. После пропуска через фильтр 4000 условных объемов воды ХПК фильтрата озонированной воды равнялось — 0,1; хлорированной — 0,3; сырой (без реагента) — 0,45 ХПК0 [6, 8]. Это связано с тем, что озонирование воды перед ее очисткой в сорбционных фильтрах существенно снижает молекулярную массу органических веществ и тем самым улучшает условия сорбции [7].

Широчайшее применение окислительно-сорбционный метод (озон + сорбент) получил за рубежом: во Франции, в Германии, Швейцарии, Финляндии (применяется более чем на 600 водопроводных станциях). При очистке воды р. Калтан и р. Томь (Россия) применение озона и дозирование его непосредственно перед сорбционными фильтрами способствовало глубокой очистке воды от органических загрязнений. Увеличение дозы озона до 5,5 мг/дм снижало цветность воды с 65 до 10—12 градусов, мутность — до 0,2—1 мг/дм, окисляемость — до 0,8—0,9 мг/дм. В связи с тем, что на сорбционный фильтр подавалась вода, предварительно осветленная в фильтре с кварцевой загрузкой, концентрация органических ингредиентов в фильтре, определенная показателем УФ-поглощения, в ряде случаев снижалась до 0, что свидетельствует о практически полном изъятии органических веществ из исходной воды. Величины параметров эритротестирования, проведенного для исходной, озонированной, очищенной в кварце, а потом в сорбированном фильтре воды, соответственно равнялись 1.3—4.77; 1.2—4.16; 1.1—4.2; 0—2.4 и также подтверждают высокую степень очистки природной воды [9].

Метод адсорбционной очистки природных вод от ингредиентов цветности и запахов обычно реализуется в фильтровальных сооружениях второй и третьей ступени очистки, а также в двухслойных контактных осветлителях. В Украине, первой из стран СНГ, были применены сорбционные фильтры для очистки воды. В довоенный период ввели в эксплуатацию угольные фильтры на Светличном водопроводе в Донбассе. Размещенный после скорых фильтров сорбционный фильтр, загруженный древесным углем, крупностью зерен 2—3 мм,

удовлетворительно дезодорировал воду от хлорфенольных запахов при скорости фильтрования 50—60 м/час.

Повсеместное ухудшение состава природных вод поверхностных водоисточников с одной стороны, требования органов Санэпиднадзора с другой, способствовали внедрению в производство угольно-песчаных фильтров. Простота устройства, небольшие капитальные затраты одновременно со значительным улучшением обесцвечивания и дезодорации воды способствовали расширению применения угольно-песчаных фильтров в различных регионах страны. Сорбционный слой в таких фильтровальных сооружениях обычно изготавливали из угольных гранул марки АГ-3, обладавшего достаточными физико-механическими и сорбционными свойствами, высота слоя, как правило, не превышала 5,0 м. Именно с такой высотой слоя были апробированы производственные фильтры в Новополоцке. Обесцвечивание и дезодорация воды, прошедшей очистку в сооружениях I ступени и имеющей цветность до 100 градусов, мутность — до 12 мг/дм, запах — 4—5 баллов и перманганатную окисляемость 7—24 мг/дм на фильтрах, работающих со скоростью 10-15 м/час, осуществлялось до требований ГОСТ «Вода питьевая». Однако загрязненность исходной воды взвешенными веществами и продуктами гидролиза коагулянта способствовало быстрому снижению сорбционной способности угля, а количество вынужденных регенераций сорбента за 15 месяцев эксплуатации фильтров равнялось 11, то есть почти ежемесячно. Продолжительность промывок возрастала при этом до 60 минут, что приводило к усложнению процесса очистки воды и увеличению его себестоимости [10].

В течение почти года исследовалась работа производственных угольно-песчаных фильтров на водоочистой станции г. Николаева. В качестве сорбционной загрузки здесь также использовался уголь марки АГ-3 заводского отсева с $d_3 = 1,36$ мм и высотой слоя 1,2 м, размещенный над слоем кварцевого песка, имеющим примерно такую же высоту. На фильтры со скоростью 6—12 м/час поступала осветленная в горизонтальном отстойнике вода с цветностью 30—40 градусов, мутностью до 8 мг/дм, гнилостным запахом величиной 3—4 балла, окисля-

емостью 25—35 мгО₂/дм. Производственные угольно-песчаные фильтры имели такие же параметры промывки, как и рядом работающие фильтры с кварцевой загрузкой, грязеемкость же угольно-песчаного фильтра была несколько больше. Момент ухудшения качества фильтрата по запаху и окисляемости сопровождался выносом взвешенных веществ в фильтрат. Время защитного действия по запаху могло быть значительно больше, чем по мутности, если бы не экранирующее действие продуктов коагуляции на гранулы активированного угля [11].

В процессе водных промывок фильтров, что подтверждают результаты исследований кинетики промывки, осуществляемые в течение первого года эксплуатации, восстанавливалась сорбционная способность угля, а через полтора года потребовалась замена сорбционного слоя. Гранулированный уголь марки АГ-3 в обоих рассмотренных случаях «работал» как фильтросорб, очищал воду от взвешенных, коллоидных и растворенных органических загрязнений.

Интенсивность процесса кольматации поверхности зерен угля находилась в прямой зависимости от концентрации в воде взвеси и продуктов гидролиза коагулянта, скорости фильтрования, доз используемого коагулянта и хлора.

Однако добиться указанного качества воды после отстойников и осветлителей со взвешенным осадком в реальных условиях достаточно сложно, поэтому сокращение срока использования природных и технических адсорбентов в двухслойных фильтрах приводит к необходимости их частой замены или регенерации. Регенерация ГАУ на водопроводных станциях централизовано сегодня практически невозможна из-за отсутствия средств и высокой стоимости процесса.

Высокая стоимость технических, а в ряде случаев и природных адсорбентов, сложность и дороговизна их регенерации побуждает изыскивать способы их защиты в фильтровальных сооружениях, находить более рациональные места в технологических схемах очистки.

Адсорбционные фильтры стали размещать после скорых фильтров, что позволяет более эффективно использовать сорбционную емкость сорбентов [4]. Экранирующая кольматация в этом случае происходит намного медленнее, межрегенераци-

онный период работы сорбента возрастает. Увеличение межпромывочных циклов способствует снижению потерь угля от истирания. Сокращаются эксплуатационные затраты. Однако строительство сорбционных фильтров в качестве сооружений третьей ступени очистки требует больших капитальных затрат, а также наличия свободных площадей на очистных сооружениях, что в настоящее время также весьма проблематично.

Наиболее оптимальные условия использования адсорбентов в фильтровальных сооружениях создаются в осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружениях. Эти сооружения конструируются таким образом, что очистка воды от взвешенных и коллоидных ингредиентов происходит в осветлительном слое, а сорбция растворенных органических веществ — в другом — сорбционном слое. Обе загрузки при этом размещают в одном фильтровальном сооружении, что обеспечивает экономию площадей станции водоочистки, снижение или ликвидацию капитальных вложений на строительство третьей ступени сорбционных фильтров.

Осветлительно-сорбционные фильтры на Украине и за рубежом начали применяться в конце 50-х годов. Первым, не очень удачным вариантом, как уже отмечалось раньше, были угольно-песчаные фильтры. За рубежом, в Швейцарии, был защищен патентом фильтр, в котором сорбционный слой располагался в фильтре ниже кварцевого песка [8]. В Германии и в нашем государстве испытывались фильтры с толщиной угольной загрузки равной 5—6 метрам. Фракционный состав сорбента подбирался таким образом, что верхние его слои были легкие и мелкие, выполняли функцию осветляющей загрузки, а нижние, более крупные, — функцию сорбционной.

В конце 20 века исследователями НИИ КВОВ были предложены для очистки осветлительно-сорбционные фильтры с тяжелыми фильтрующими материалами, в частности, керамзито-угольные фильтры. Здесь в качестве сорбционного слоя рекомендовано применять ГАУ марки АГ-3 [3], который имеет, как известно, далеко не лучшие сорбционные свойства. Использование других марок активированных углей в керамзито-угольных фильтрах проблематично из-за малых значений их гидравлической крупности. А равенство значений гидравлической крупности обоих слоев приводит к их частичному перемешиванию.

Проблема может быть решена путем использования таких фильтровальных сооружений, в которых и в процессе работы, и при промывке в слой адсорбента поступает вода, содержащая минимальное количество взвеси, то есть в пенополистирольно-угольных фильтрах, гранодиоритно-угольных осветлителях. Конструктивные особенности перечисленных сооружений создают эксплуатационные условия, близкие к оптимальным. В качестве осветлительных слоев здесь может быть использован новый фильтрующий материал, крымский горный песок (гранодиорит). Сорбцию растворенных ингредиентов цветности и запаха необходимо осуществлять в техническом углеродном сорбенте АГМ, а также природных обогащенных углях марок ОАЛ и ОАД. Гранулированный уголь марки АГМ как сорбент ингредиентов цветности и запаха малоизучен и использовался иногда в опытах как фильтрующий материал, а природные сорбенты ОАЛ и ОАД начали выпускаться отечественной промышленностью сравнительно недавно, и на их применение в технологиях водоочистки уже получены патентные решения. Таким образом, использование пенополистирольно-угольных, контактных гранодиоритно-угольных осветлителей для осветления-обесцвечивания и дезодорации природных вод после определения их конструктивно-технологических параметров позволит решить следующие задачи:

1. Очистка природных вод в пенополистирольно-угольных фильтрах (I вариант), контактных гранодиоритно-угольных осветлителях (II вариант) дает возможность отказаться от строительства сооружений первой и третьей степени очистки.

2. Значительно снизятся эксплуатационные затраты, упростится техническое обслуживание водоочистных станций.

3. Использование природных и технических сорбентов, только как сорбционных материалов, позволит увеличить межрегенерационный период их работы в 2—3 раза, уменьшить технологически необходимую высоту слоя на 40—50% в сравнении с угольно-песчаными фильтрами, снизить материалоемкость фильтров.

4. Интенсифицировать процесс обесцвечивания и дезодорации воды, улучшить очистку от токсичных, мутагенных и канцерогенных ингредиентов цветности и запаха.

Выводы. Практическое использование перечисленных фильтровальных сооружений для обесцвечивания и дезодорации природных вод вызывает необходимость идентификации ингредиентов цветности и запахов в природных водах водохранилищ, проверки фильтро-сорбционных способностей гранодиоритов, АГМ, ОАЛ, ОАД, исследования кинетики и динамики процесса; определения расчетно-конструктивных параметров обесцвечивающе-сорбционных загрузок, осветлительно-сорбционных фильтровальных сооружений в целом.

* * *

1. Шевченко М.А. Физико-химические обоснования процессов обесцвечивания и дезодорации воды / М.А. Шевченко. — К.: Наук. думка, 1973. — С. 4, 106, 109.

2. Шевелев Ф.А. Интенсификация обесцвечивания природных вод / Ф.А. Шевелев // Материалы международного конгресса по водоснабжению. — М.: 1970. — С. 107—109.

3. Паскуцкая Л.Н., Новиков В.К., Криштул В.П. Повышение эффективности очистки воды в системах хоз-питьевого водоснабжения / Л.Н. Паскуцкая, В.К. Новиков, В.П. Криштул. — М.: Стройиздат, 1978 — С. 12—14.

4. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды / Л.А. Кульский, А.М. Когановский, И.Т. Гороновский, М.А. Шевченко. — К.: Наук. думка, 1985 — С. 958—956, 915, 713, 586.

5. Гончарук В.В. Концепция улучшения качества питьевой воды в Украине / В.В. Гончарук // Химия и технология воды. — К., 1994. — 16. — № 5 — С. 469—472.

6. Клименко Н.А. Моделирование работы адсорбционных фильтров при подготовке питьевой воды / Н.А. Клименко, С.К. Смолин // Сборник докладов «ЭТЭВК—99». — Ялта, 1999. — С. 33—34.

7. Исследование возможности применения нового сорбента в водоподготовке / Н.Г. Антонюк, Т.В. Кармазина, Н.А. Клименко, О.Д. Кочкодан, О.Д. Швиданко // Химия и технология воды. — К., 1997. — 19. — № 6. — С. 617.

8. Clark R. M., Symons J. M., Ireland J.C. Evaluating field scale CAL systems for drinking water / R.M. Clark, J.M. Symons,

J.C. Ireland // of Environmental Eng. — 1986 — V. 112 N 4 — P. 744—756.

9. Повышение качества водопроводной воды на примере городов Кузбасса / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.А. Усольцев, В.Д. Соколов // Известия ЖКА РФ. — М., 1996 — № 3 — С. 33—35, 39—43.

10. Ломакина Е.Д. Исследования процессов очистки природных вод на сорбционных фильтрах / Е.Д. Ломакина. — М., 1976. — С. 21—45.

11. Бесан В.С, Слипченко В.А. Устранение гнилостных запахов и привкусов на водопроводе г. Николаева / В.С. Бесан, В.А. Слипченко // Водоснабжение и санитарная техника — М.: Стройиздат, 1987. — Вып. 1. — № 8. — С. 11—12.

Отримано: 19.03.2009 р.

ДО АВТОРІВ

Повідомляємо вимоги до оформлення статей:

- матеріал, набраний на комп'ютері в текстовому редакторі Microsoft Word for Windows версії 6; 7 або 97 українською або російською мовами на дискеті 3,5" з роздрукованим одним примірником;
- об'єм тексту не менше 3 сторінок (40 рядків на 1 сторінку) без врахування рисунків, таблиць, схем;
- шрифт тексту Arial Cyr 12 пт, міжрядковий інтервал 17 пт, береги – ліворуч і знизу – 25 мм, праворуч і зверху 20 мм;
- ілюстративний матеріал подається в чорно-білій лінійній графіці на папері та на дискеті у форматі BMP, TIF;
- для авторів без наукового ступеня додається рецензія кандидата або доктора наук або рішення наукового підрозділу (кафедри, лабораторії, відділу);
- анотація українською, російською та англійською мовами;
- довідка про автора (авторів) з поданням контактних телефонів (робочого, домашнього).
- список літератури подавати згідно з вимогами, опублікованими в періодичному виданні «Бюлетень ВАК України», № 3, 2008 р.

Наукове видання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

**ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І ГЛОБАЛЬНОГО
ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ**

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА та природокористування

Збірник наукових праць

ВИПУСК 3

Редактор — *Г.Є. Голіцина*
Технічний редактор — *В.С. Таргонська*
Складання і верстка — *В.С. Таргонська*

Підписано до друку 15.07.2009 р. Формат 60×84/16
Друк. арк. 10,5. Умов. друк. арк. 9,76.
Обл.-вид. арк. 10,08. Тираж 300 прим.

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі
Київського національного університету будівництва і архітектури
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ-680, 03680