

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
Заснований у 2008 р.**

ВИПУСК 13

Київ – 2013

УДК 502; 338
ББК 20.Ія43
Е 45

Р е д а к ц і й н а к о л е г і я

Головні редактори - Волошкіна О.С., *д-р техн. наук, проф.*
- Трофимчук О.М., *д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАНУ*
Відповідальний секретар - Берчун В.П.

Ч л е н и к о л е г і ї:

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.*
Калюх Ю.І., *д-р техн. наук, проф.*
Качинський А.Б., *д-р техн. наук, проф.*
Коржнєв 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.*
Радчук В.В., *д-р геол. наук*
Рибаков Л.О., *д-р техн. наук*
Стрижак О.Є., *канд. техн. наук*
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.*
Яковлєв Є.О., *д-р техн. наук*

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
(протокол № 6 від 08.05.2013 р.)

Е45 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., 2013. – Вип. 13. – 174 с.: іл. – Бібліогр. в кінці ст.

ISBN 978-966-2735-46-8

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.

Збірник наукових праць включений до списку наукових фахових видань України (затверджено Постановами Президії ВАК України №1-05/3 від 14 квітня 2010 р. за напрямом «технічні науки» та № 1-05/8 від 22 грудня 2010 р. за напрямом «геологічні науки»).

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

Адреса редакції: 03186, Київ, Чоколівський бульв., 13
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Тел. (044) 245-87-97
E-mail: itelua@kv.ukrtel.net
© КНУБА, 2013
© ІТГП, 2013

ISBN 978-966-2735-46-8

ЗМІСТ

Розділ 1. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

В.Б. Мокін, В.Ю. Балачук, П.Г. Прудиус Аналіз впливу якості поверхневих вод на ендокринологічні захворювання населення на прикладі Вінницької області.....	5
Є.С. Анпілова Картографічні моделі для моніторингу водних об'єктів.....	11
О.О. Садчиков Моделювання і розрахунки втрат напору у двошаровому фільтрі при знезалізненні води.....	18
С.П. Іванюта Про інтегральну оцінку рівня екологічної безпеки регіонів України	24
К.О. Радловська Ландшафтна, екологічна та геоecологічного районування картосхеми Рогатинського Опілля.....	35

Розділ 2. ОСНОВИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

О.С. Волошкіна, Ю.О. Березницька Вплив процесів підтоплення територій на формування фільтраційного потоку в схилах регулюючих водосховищ.....	44
В.Д. Солодкий, Р.І. Беспалько, І.І. Казімір Екзогенні геодинамічні процеси Буковинських Карпат та Передкарпаття.....	54
Д.В. Стефанишин Оцінка рівня сейсмічної небезпеки в районі розміщення Дністровської ГАЕС та аналіз впливу сейсмічного фактора на стійкість Дністровського схилу.....	64
А.П. Сіренко Критична відстань між утримуючими елементами для зсувних та зсувонебезпечних схилів Чернівецької області.....	73
Ю.Д. Стефанишина-Гаврилюк Небезпеки природокористування на прирічкових територіях.....	77

ЗМІСТ

Розділ 3. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТА СИСТЕМИ

С.О. Довгий, О.В. Копійка, П.Б. Россов, П.М. Сіверський Основні елементи інформаційного забезпечення моніторингу та оперативного аналізу виконання Державного бюджету України.....	88
В.Ю. Вишняков, О.Є. Стрижак, О.М. Трофимчук Застосування онтологічного підходу при створенні інструментів геоінформаційних систем на прикладі визначення температурних процесів на території України за даними космічної зйомки.....	96
О.Є. Стрижак Знання-орієнтовні інструменти підтримки діяльності експерта.....	114
М.А. Попова Модель онтологічного інтерфейсу агрегації розподілених інформаційних ресурсів у галузі екологічної безпеки з використанням ГІС.....	135
В.В. Радчук, А.Е. Гречановский, А.Б. Брик, Б.Г. Шабалин Компьютерное моделирование радиационно-стимулированных процессов в минералах в связи с решением минералогических, материаловедческих и экологических задач (часть первая).....	143
До відома авторів.....	172

Розділ 1. Екологічна безпека

УДК 519.6+556.013

© **В.Б. Мокін¹**, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри;
В.Ю. Балачук¹, аспірант;
П.Г. Прудіус², головний лікар ВОКЕД

¹Вінницький національний технічний університет

²Вінницький обласний клінічний ендокринологічний диспансер

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА ЕНДОКРИНОЛОГІЧНІ ЗАХВОРЮВАННЯ НАСЕЛЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті розглянуто актуальну задачу аналізу впливу стану та якості поверхневих вод на захворюваність населення на ендокринологічні захворювання. Аналіз проведено на прикладі поверхневих вод Вінницької області.

Ключові слова: якість поверхневих вод, захворюваність, моніторинг

Вступ

У зв'язку з високим рівнем захворюваності хворобами ендокринної системи та цукровим діабетом населення на території Вінницької області надзвичайної актуальності набуває проблема встановлення основних причин високого рівня захворюваності.

Якість поверхневих вод – один з основних факторів впливу навколишнього середовища на здоров'я населення.

Саме тому неабиякої актуальності набуває дослідження впливу якості поверхневих вод регіону на рівень захворюваності населення.

Об'єкт досліджень

Дане дослідження проводилось спільно з Вінницьким обласним клінічним ендокринологічним диспансером, який надав дані про захворюваність населення на хвороби щитовидної залози за трьома категоріями населення (діти, підлітки, дорослі) за 2005–2010 р.р. У ВОКЕД було створено робочу групу з лікарів, що вивчає закономірності, виявлені нами у ході дослідження.

Для проведення дослідження було обрано райони Вінницької області, в яких, за даними Вінницької обласної СЕС, джерелом питної води є поверхневі води річки Південний Буг – це

Калинівський, Козятинський, Хмельницький райони та міста Вінниця та Ладижин.

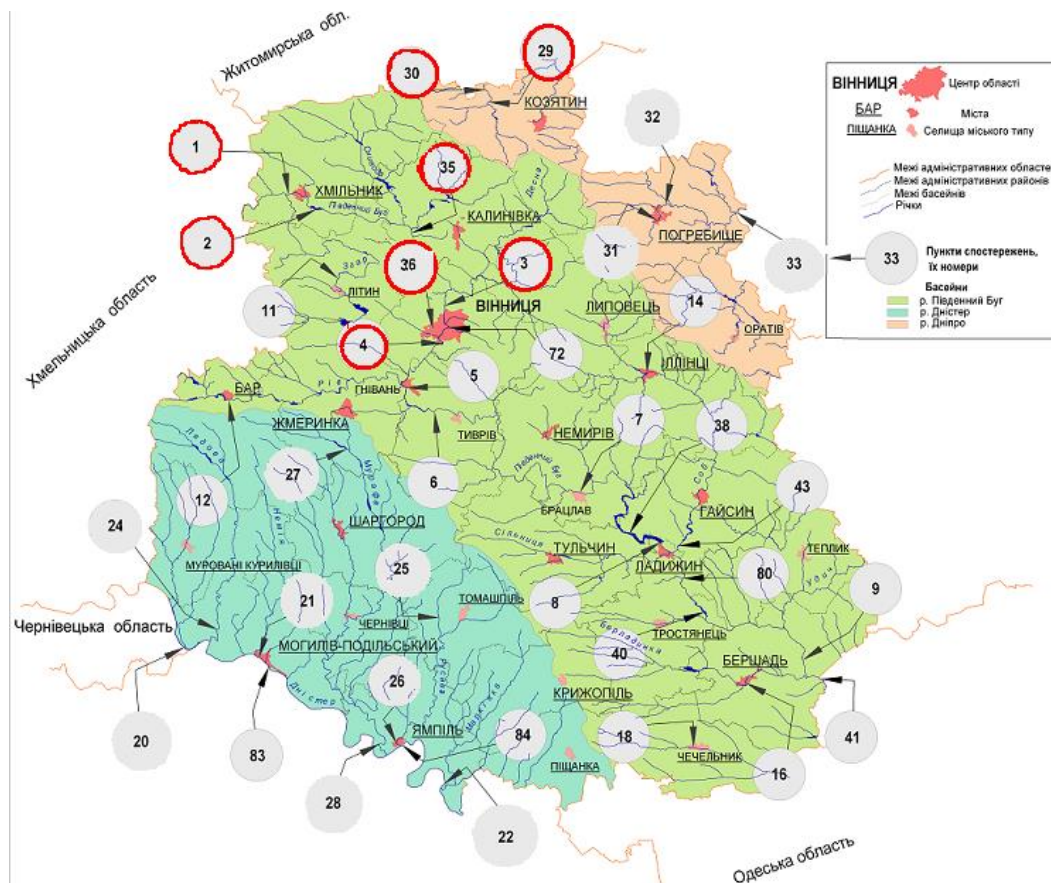


Рис. 1 — Карта постів моніторингу стану якості поверхневих вод Вінницької області

Офіційні дані системи моніторингу поверхневих вод було надано Державним управлінням навколишнього природного середовища у Вінницькій області.

Методологія аналізу даних та виявлення закономірностей

Для аналізу було використано середовища MS Access 2003 та MS Excel.

Для виявлення залежностей між якістю поверхневих вод та рівнем захворюваності населення застосовували коефіцієнт кореляції.

Кореляція є залежністю двох випадкових величин [1]. При цьому, зміна однієї або кількох цих величин призводить до систематичної зміни іншої або інших величин. Як математичну міру кореляції випадкових величин використовували коефіцієнт кореляції.

Аналіз даних проводився за наступним алгоритмом:

1. Створення бази даних з даними про поверхневі води області та по захворюваності населення на ендокринологічні хвороби.
2. Створення відповідних запитів із БД та експорт даних у MS Excel.
3. Проведення кореляційного аналізу даних.
4. Здійснення класифікації значущих результатів кореляції та розрахунок узагаль-

неного коефіцієнту.

5. Ідентифікація основних виявлених залежностей.

Результати аналізу даних

На основі отриманих даних в MS Access 2003 було створено базу даних, що містить інформацію про якість поверхневих вод у відповідних створах спостережень, відомості про ці створи, інформацію про райони Вінницької області, а також щодо захворюваності на ендокринологічні хвороби по вікових категоріях та районах області.

Із бази даних було проведено відбір інформації щодо якості поверхневих вод та захворюваності населення на хвороби ендокринної системи по відповідних районах області за допомогою запитів, після чого здійснено експорт вибраних даних у MS Excel (рис. 2).

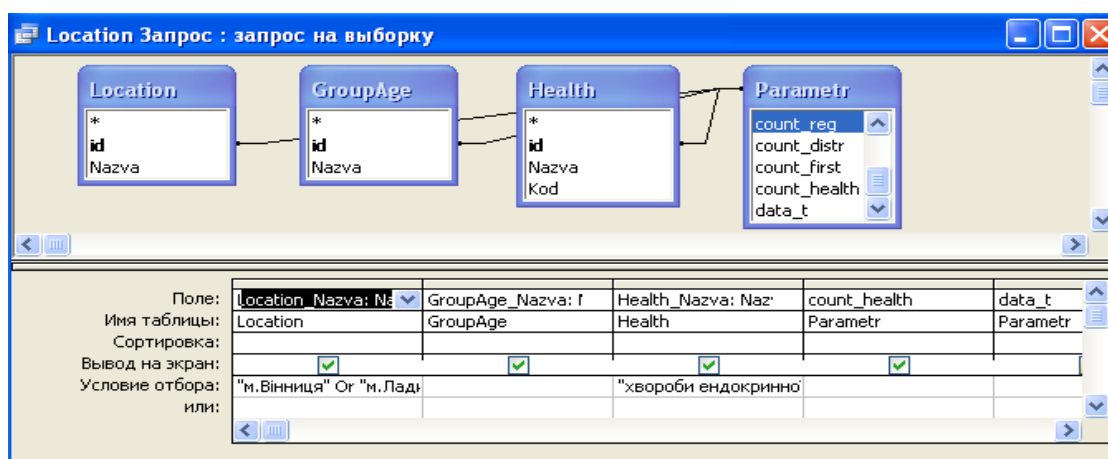


Рис. 2 – Структура запиту на вибір даних по захворюваності населення

Для знаходження залежності між якістю поверхневих вод та захворюваністю населення було проведено кореляційний аналіз цієї залежності та здійснено класифікацію значущих результатів обчислень критеріїв кореляції.

За результатами обчислень коефіцієнтів кореляції були визначені найбільш значущі значення кореляції. Найбільш значущим зв'язок виявився між захворюваністю населення хворобами ендокринної системи та такими показниками якості поверхневих вод: завислі речовини, мідь, гідрокарбонати, кобальт, калій+натрій, залізо.

Найбільш виражену залежність захворюваності від якості поверхневих вод було виявлено у Хмельницькому районі області. Схема розташування створів спостереження за якістю поверхневих вод та результати кореляційного аналізу приведено на рис. 3.

Звичайно, подана у зробленій гіпотезі залежність є наближеною, оскільки припускається, що кількість захворювань у районному центрі відображає картину захворюваності по всьому району, проте можна виявити тенденції залежності.

Для здійснення аналізу отриманих результатів кореляційних залежностей було розроблено програму в MS Excel, що розраховує узагальнений коефіцієнт кореляції для кожного показника якості поверхневих вод за наступною формулою:

$$K_z = 0,4 \cdot K_1 + 0,3 \cdot K_2 + 0,25 \cdot K_3, \quad (1)$$

де K_1, K_2, K_3 – кількість розрахованих коефіцієнтів кореляції, що попадають у проміжок відповідно $[0,9; 1]$, $(0,9; 0,8]$, $(0,8; 0,7]$.

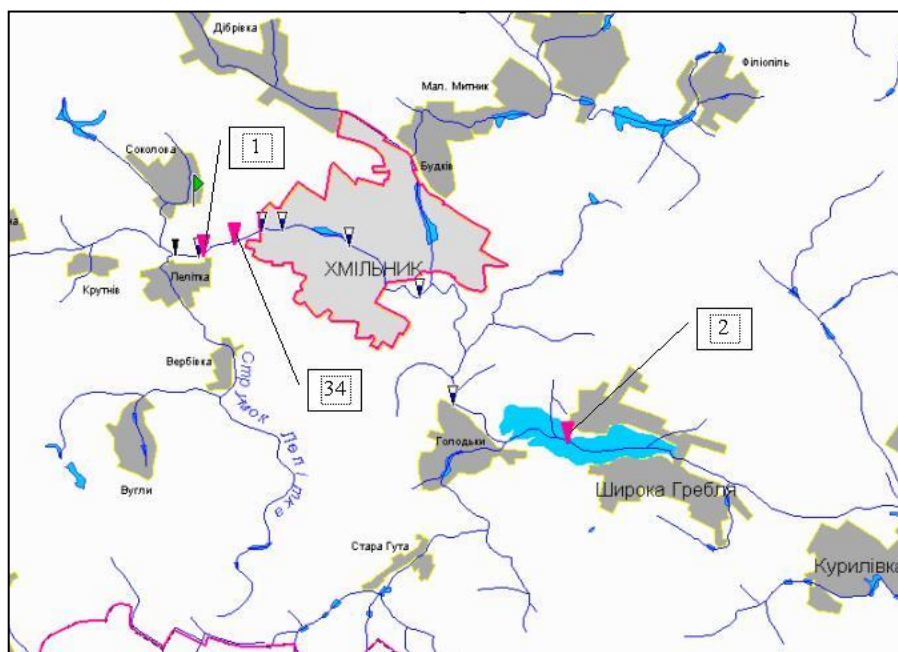


Рис. 3 – Схема розташування створів спостереження на території Хмельницького району (коефіцієнт кореляції для завислих речовин – 0,918, кобальт – 0,944)

Результат програми представлений на рис. 4.

Хвороба	Категорія населення	Показник	K1 (0,9-1,0)	K2 (0,8-0,9)	K3 (0,8-0,7)	Узагальнений коеф.
Хвороби ендокринної системи	Діти	pH	1	0	3	1,2
Хвороби ендокринної системи	Діти	Завислі речовини	4	2	1	2,65
Хвороби ендокринної системи	Діти	Лужність	2	2	2	2
Хвороби ендокринної системи	Діти	Жорсткість	1	3	3	2,1
Хвороби ендокринної системи	Діти	Кальцій	2	2	2	2
Хвороби ендокринної системи	Діти	Магній	3	1	1	1,9
Хвороби ендокринної системи	Діти	Хлориди	0	3	3	1,65
Хвороби ендокринної системи	Діти	Сульфати	1	2	5	2,3
Хвороби ендокринної системи	Діти	Гідрокарбонати	4	2	0	2,4
Хвороби ендокринної системи	Діти	Калій+натрій	2	1	2	1,7
Хвороби ендокринної системи	Діти	Сухий залишок	1	1	0	0,75
Хвороби ендокринної системи	Діти	Залізо	3	3	1	2,5
Хвороби ендокринної системи	Діти	Мідь	5	0	2	2,75
Хвороби ендокринної системи	Діти	Кадмій	1	0	2	0,95
Хвороби ендокринної системи	Діти	Свинець	2	0	0	0,9
Хвороби ендокринної системи	Діти	Алюміній	0	1	0	0,3
Хвороби ендокринної системи	Діти	Нікель	3	1	0	1,65
Хвороби ендокринної системи	Діти	Кобальт	3	0	1	1,6
Хвороби ендокринної системи	Діти	Стронцій	0	1	0	0,3
Хвороби ендокринної системи	Діти	Цезій	1	0	1	0,7
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	pH	3	1	3	2,4
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Завислі речовини	5	2	1	3,1
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Лужність	0	3	3	1,65
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Жорсткість	1	0	2	0,95
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Кальцій	2	2	3	2,25
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Магній	1	2	2	1,65
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Хлориди	1	1	4	1,75
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Сульфати	2	0	0	0,9
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Гідрокарбонати	3	1	1	1,9
Хвороби ендокринної системи	Дорослі	Калій+натрій	0	3	4	1,9

Рис. 4 – Результат розрахунку узагальненого коефіцієнта кореляції

За проведеними розрахунками було визначено найбільш виражені залежності (табл. 1).

Таблиця 1 – Найбільш значущі результати для хвороб ендокринної системи

Категорія населення	Показник	Узагальнений коеф.
Діти	Завислі речовини	2,65
Діти	Гідрокарбонати	2,4
Діти	Залізо	2,5
Діти	Мідь	2,75
Дорослі	pH	2,4
Дорослі	Завислі речовини	3,1
Підлітки	pH	3,65

На основі проведених розрахунків та висновків по ним можна проводити прогнозування погіршення стану здоров'я людей, що є споживачами води нижче по течії від скиду забруднюючих речовин.

Таким чином, для кращого контролю ситуації щодо захворюваності населення, необхідно, у першу чергу, контролювати якість поверхневих вод регіону. Отже, необхідно контролювати кількість речовин, вплив яких на захворюваність населення встановлено, а також звертати увагу на всі показники стану поверхневих вод, якщо вплив конкретної речовини не є однозначним.

Цього можна досягти за допомогою таких заходів:

- розширення програми та підвищення регулярності моніторингу у створах спостереження за якістю поверхневих вод на основних джерелах питної води регіону;
- детальне дослідження причин впливу виявлених факторів на стан захворюваності з позицій медицини та біохімії;
- перегляд умов скиду стічних вод вище питних водозаборів на поверхневих джерелах з показників якості вод, які найбільше корелюють із захворюваністю населення;
- сприяння розвитку екологічного виховання та екологічної свідомості населення даного регіону.

Для уточнення результатів розрахунків варто провести додаткові дослідження щодо стану якості води у більшій кількості створів спостережень з більшою регулярністю та дослідження захворюваності населення з більшою точністю до населених пунктів, джерелом водопостачання яких є поверхневі води Вінницької області.

Висновки

В ході дослідження була запропонована методологія аналізу впливу якості поверхневих вод на ендокринологічні захворювання населення, розроблено програмний інструмент для обчислення коефіцієнтів кореляції та узагальненого критерію кореляції якості поверхневих вод та стану захворюваності населення. Здійснено кореляційний аналіз даних по захворюва-

ності та якості поверхневих вод за даними по Вінницькій області за 2005-2010р.р. Проведено аналіз отриманих результатів. Розроблено рекомендації щодо заходів із покращення ситуації.

Список використаної літератури

1. В.П. Бабак, А.Я. Білецький та ін. Статистична обробка даних/ Монографія. – Київ: МІВВЦ, 2001. – 388 с.

Стаття надійшла до редакції 04.04.13 українською мовою

© В.Б. Мокин, В.Ю. Балачук, Ф.Г. Прудьус

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
НА ЭНДОКРИНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ВИННИЦКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье рассмотрена актуальная задача анализа влияния состояния и качества поверхностных вод на заболеваемость населения эндокринологическими заболеваниями. Анализ проведен на примере поверхностных вод Винницкой области.

© V.B. Mokin, V.U. Balachuk, P.G. Prudius

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF SURFACE WATER QUALITY ON
ENDOCRINOLOGICAL DISEASES ON EXAMPLE VINNYTSYA REGION**

The article deals with the problem of analyzing the impact of state and surface water quality on endocrinological diseases of public health. An analysis based on the example of surface water Vinnytsya region.

УДК 504.4.054+504.06+556

© Є.С. Анпілова, канд. техн. наук, старш. науковий співробітник

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

У цій статті запропоновано методи, що дозволяють виявляти закономірності зміни якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, зокрема визначати місця підвищеної концентрації забруднювальних речовин, що впливають на його екологічний стан, будувати картографічні моделі на основі використання можливостей геоінформаційних систем та матеріалів космічної зйомки.

Ключові слова: якість поверхневих вод, оцінка якості поверхневих вод, басейн річки, геоінформаційні технології, екологічний моніторинг, забруднення поверхневих вод

Актуальною проблемою сучасності є виснаження природних ресурсів через високий рівень забруднення навколишнього середовища та нераціонального використання природних ресурсів. Це спонукає до об'єднання та мобілізації суспільства, формуванню його осмислення стосовно загрози дисбалансованого існування екосистеми Землі.

У світової спільноти виникла підвищена потреба до джерел екологічної інформації та всебічного інформування про стан навколишнього середовища.

Активна участь суспільства у процесі прийняття рішень, пов'язаних з навколишнім природним середовищем, зазначена у меті Організації економічної співпраці та розвитку Європейської Економічної Комісії ООН „Про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля”, ратифікованої Верховною Радою України 06 липня 1999 року [1].

В Україні низка пріоритетних завдань держави щодо збереження водних ресурсів обумовлена Концепцією розвитку водного господарства [2].

За статистичними даними [3-7], спостерігається стала тенденція погіршення якості поверхневих вод басейнів річок України. Для інформаційної підтримки рішень щодо забезпечення виконання вимог «Положення про державну систему моніторингу довкілля» [8] і ряду інших законодавчих актів, регулюючих сучасні водні відносини в Україні, необхідно мати достовірні, точні і своєчасні дані про якість поверхневих вод.

У цій статті розглядається новий метод оцінки якості поверхневих вод, що відрізняється від існуючих використанням геостатистичних методів інтерполяції даних моніторингу та удосконаленим методом обробки даних про якість за класами та категоріями, що дозволяє покращити ведення екологічного моніторингу поверхневих вод. Виявлено закономірності

зміни якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець, зокрема визначено місця підвищеної концентрації речовин, які впливають на екологічний стан басейну річки.

Картографічне моделювання, здійснене на основі геоінформаційного інструментарію, дозволяє не тільки відображати вже відомі просторові закономірності, але й проводити аналіз, виявляти та візуалізувати взаємозв'язки між джерелами забруднення та якістю води, визначати достовірність інформації за джерелами забруднення, виконувати районування за факторами забруднення та якістю поверхневих вод, зокрема при недостатньому обсязі гідрохімічних даних [9].

Основою для побудови схем комплексного використання та охорони водних ресурсів, розробки державних та територіальних програм є проаналізована інформація сучасного стану водних об'єктів та його прогнозування з використанням геоінформаційних методів та технологій.

Аналіз вивченості екологічного стану р. Сіверський Донець та її основних приток за показниками хімічного складу одного з найбільш техногенно-навантажених регіонів свідчить про стійкі незворотні зміни в якісному та кількісному складі поверхневих вод її басейну [3-7].

З метою спрощення роботи з показниками якості поверхневих вод пропонується зробити:

- уніфікацію методик аналітичних визначень хімічних компонентів у лабораторіях різних установ державного моніторингу;
- інтенсифікувати спостереження за пунктами моніторингу;
- налагодити більш чіткий та результативний обмін інформацією на міжнародному рівні (Російська Федерація), що забезпечить інформаційну підтримку при попередженні надзвичайних ситуацій, а також у вирішенні практичних завдань підтримки рішень, пов'язаних з управлінням екологічною безпекою поверхневих вод та удосконаленням існуючої системи державного моніторингу.

На сьогодні нами створено базу даних для прийняття рішень з управління водними ресурсами басейну р. Сіверський Донець. Також побудовані карти з локалізацією постів Держгідромету та локалізацією підприємств, що звітуються за формою № 2–ТП (водгосп) в межах басейну Сіверського Дінця водокористувачів.

Окрім статистичних даних, для оцінки стану поверхневих вод у басейні р. Сіверський Донець були використані матеріали космічної зйомки, що отримані з різних джерел: TERRA/MODIS, NOAA, QuickBird, LANDSAT, SPOT, ICONOS, фондів Державного науково-виробничого центру „Природа” (м. Харків), глобальної комп'ютерної мережі Інтернет.

Результати дешифрування космічних знімків інтегровані у базу геоданих факторів впливу на клас якості води басейну р. Сіверський Донець, що була підключена у ГІС, та проведений комплексний просторовий аналіз за базами класів якості об'єкту дослідження.

На підставі наявних геоданих побудовані картографічні моделі динаміки забруднень поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець (рис. 1, рис. 2).

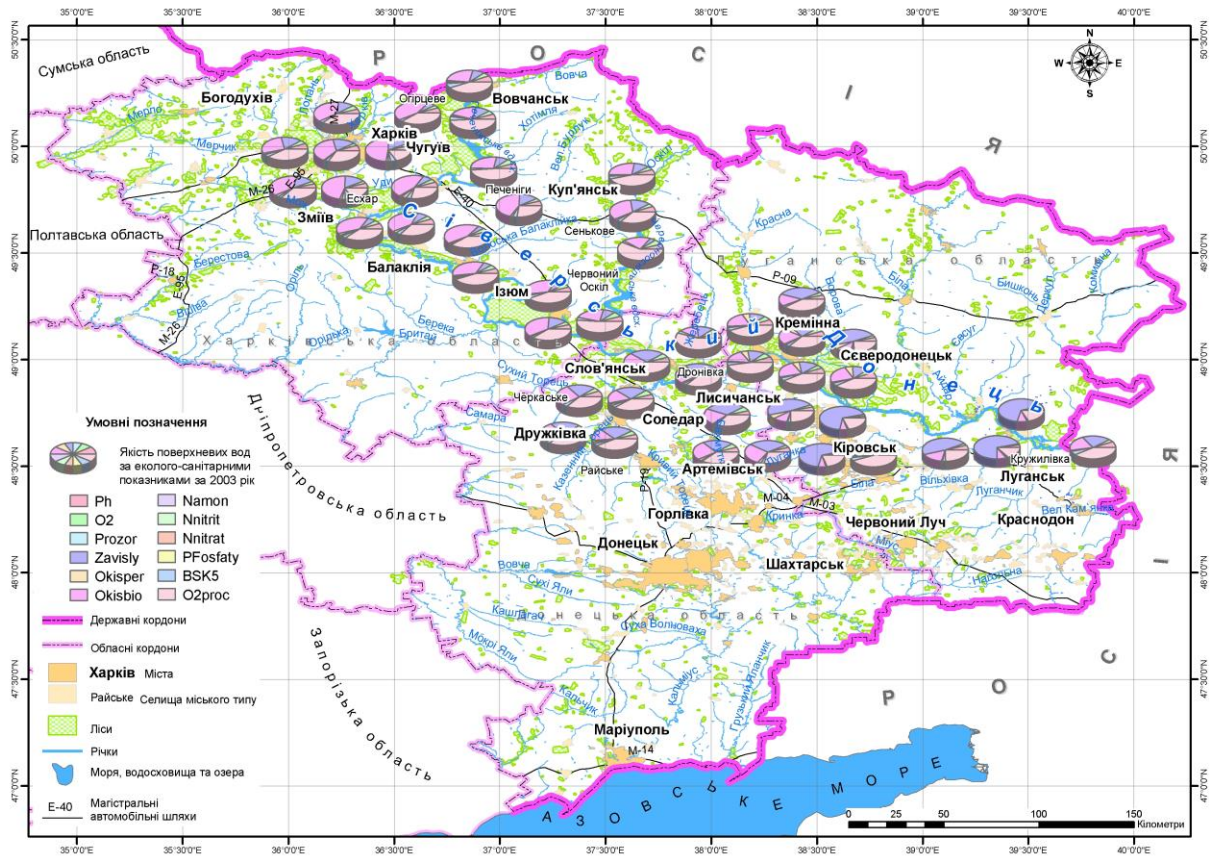


Рис. 1 — Якість поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець за еколого-санітарними показниками

Оцінка якості поверхневих вод здійснюється відповідно до методики з розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України, розробленої колективом Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем (м. Київ) [10] та затвердженої на державному рівні.

Враховуючи переваги цієї методики, з одного боку, та потужні можливості сучасного інструментарію ГІС - технологій, з іншого боку, відкривається можливість автоматизувати процес розрахунку якості води.

Для доповнення картографічної моделі виконані розрахунки антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України у середовищі ГІС-пакету ArcGIS.

Методика запрограмована на базі спеціалізованої мови Python, що вбудована в основу програмного продукту ArcGIS та має змогу інтегрувати у своє середовище багаточисельні протоколи зовнішніх бібліотек сучасних мов програмування.

Як результат - отримано класи якості води в кожному з пунктів спостереження (рис. 2).

Автоматизація процесу оцінки якості води, по-перше, виключає людський фактор, тим самим запобігаючи виникненню суб'єктивних помилок, по-друге, зменшує кількість часу, який витрачається на підрахунок, а найголовніше, забезпечується отримання кінцевого результату не тільки у вигляді набору показників класу для кожного пункту спостережень, а також наочної інтерпретації стану якості води, тобто з поданням результатів розрахунків у картографічному, графічному та табличному вигляді.

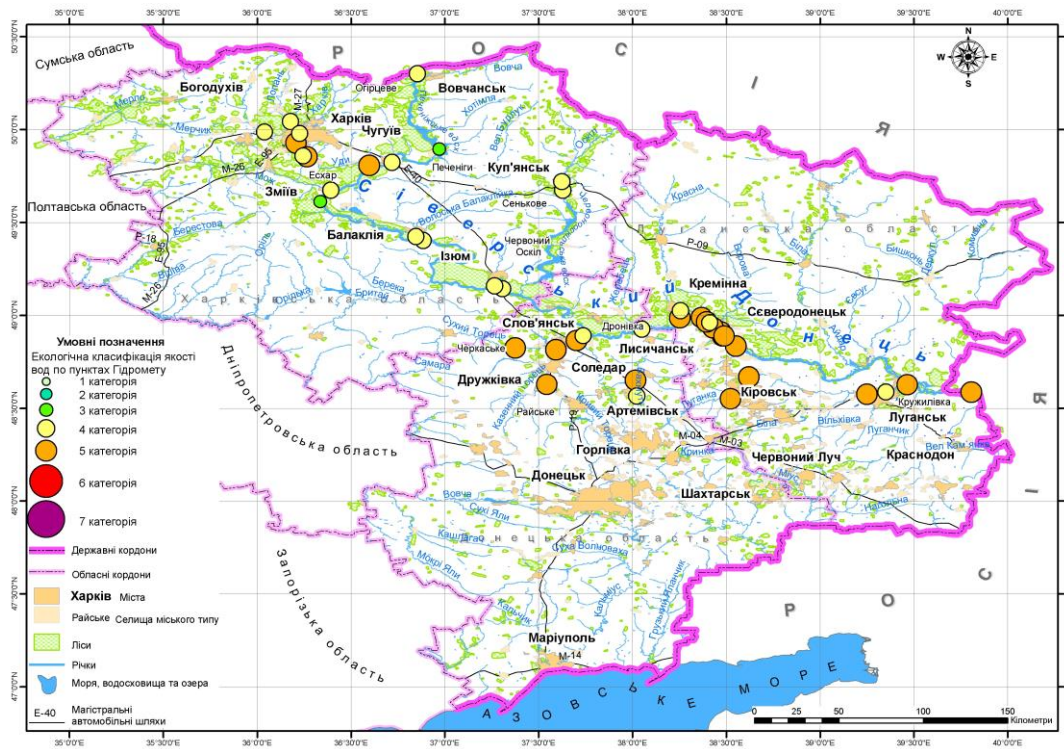


Рис 2 — Екологічна класифікація якості поверхневих вод р. Сіверський Донець по пунктах Держгідромету

Розроблена система допомагає представляти інформацію у вигляді тематичних карт та діаграм результатів спостережень, карт екологічної оцінки якості поверхневих вод. Наявність зручної форми викладення матеріалу сприяє ефективному прийняттю управлінських рішень з питань організації екологічного моніторингу, а також при виникненні надзвичайної ситуації.

Оцінити стан поверхневих водних об'єктів за класами та категоріями якості можливо тільки в місцях відбору проб. В умовах постійного скорочення кількості пунктів спостереження та періодичності відбору проб складно оцінити та прийняти рішення, тому бажано знати рівень забруднення в будь-якій точці басейну річки. Для побудови моделей просторового розподілу якості поверхневих вод використані геостатистичні методи, що включені до складу додаткового модуля ArcGIS Geostatistical Analyst [11].

Дослідження результатів контролю якості поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець проведено з використанням усіх геостатистичних методів: ординарного, простого; універсального; вірогіднісного; диз'юнктивного та індикаторного кригінгу.

Метод простого кригінгу є оптимальним для інтерполяції якості поверхневих вод басейну. Метод індикаторного кригінгу дозволяє будувати поверхні вірогідності зміни якості поверхневих вод басейну.

Використовуючи бази геоданих постів спостереження Держгідромету та підприємств, що звітуються за державною статистичною формою 2-ТП водгосп за допомогою модуля Geostatistical Analyst, проведено геостатистичний аналіз, в результаті якого отримана інтерполяційна поверхня значень рівня забруднення та карта вірогідності зміни якості поверхне-

вих вод басейну р. Сіверський Донець (рис. 3, рис. 4).

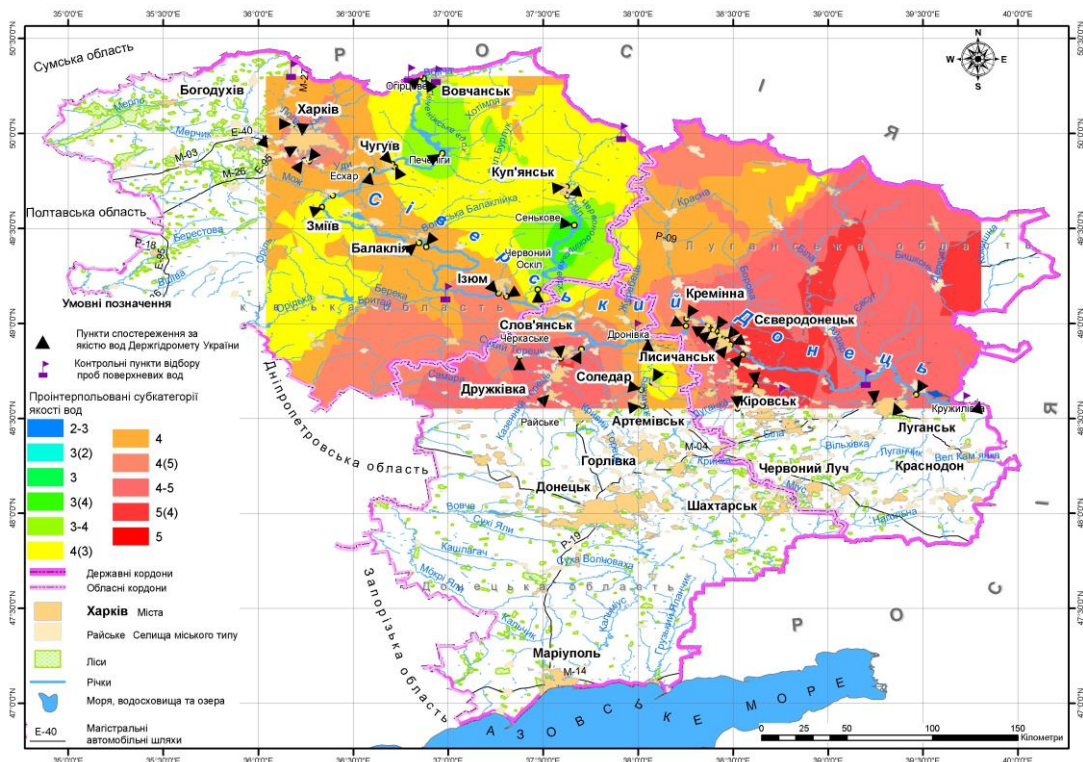


Рис. 3 — Карта інтерпольованих значень рівня забруднення басейну р. Сіверський Донець

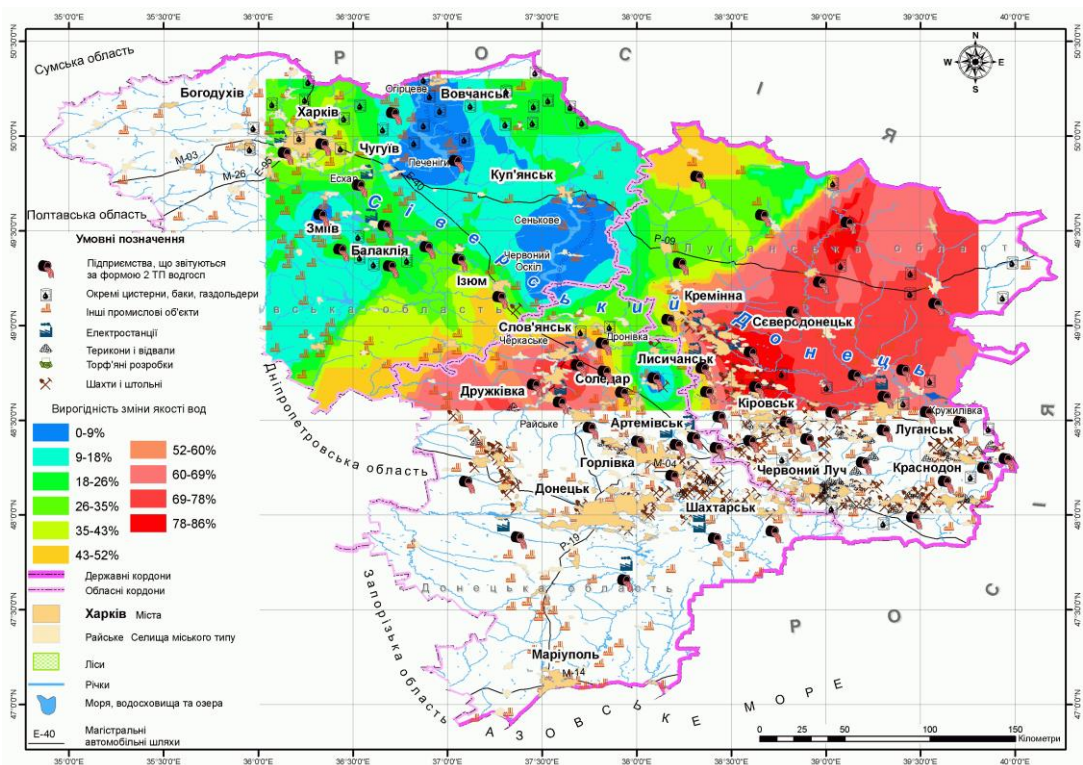


Рис. 4 — Карта вірогідності зміни категорій якості поверхневих вод р. Сіверський Донець, побудована методом індикаторного кригінгу

Значення якості води, розраховане традиційними методами згідно з затвердженою методикою у контрольних створах, та значення якості води в цих же пунктах, але отримане в результаті інтерполяції за допомогою модуля Geostatistical Analyst програми ArcGis, відхиляється не більше ніж на 5-7% (табл. 1).

Таблиця 1 — Значення якості поверхневих вод р. Сіверський Донець за 2003 рік

Назва пункту	Клас/категорія/ субкатегорія якості води, розрахована у ГІС	Клас/категорія / субкатегорія якості води, розрахована традиційними методами
р. Сіверський Донець (с. Огурцове)	III/4/4(3)	III/4/4(3)
р. Оскіл (с. Тополі)	III/4/4(3)	III/4/4(3)
р. Лопань (с. Казача Лопань)	III/4/4	III/4/4(3)
р. Сіверський Донець (с. Кружилівка)	III/5/4-5	III/5/4-5
р. Айдар (гирло)	III/5/4-5	III/5/4-5
р. Камишоваха (м. Стаханівськ)	III/5/5	III/5/5(4)
р. Сіверський Донець (с. Дронівка)	III/4/4	III/4/4
р. Сіверський Донець (с. Червоний Шахтар)	III/4/4	III/4/4
р. Вовча (гирло)	II/3/3-4	II/3/3-4

Результати у повному обсязі дозволяють підтвердити достовірність побудованої інтерпольованої поверхні якісних характеристик поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець.

Результати просторового аналізу можуть бути використані для побудови схем нового рівня якості моніторингу об'єктів гідрографії, оскільки існує нагальна потреба посиленого контролю основних джерел забруднення водотоків для упередження та недопущення виникнення надзвичайних ситуацій, що призводять до суттєвого погіршення стану навколишнього природного середовища та здоров'я людини.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про ратифікацію Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля» від 06 липня 1999 р. №832- XIV.
2. Концепція розвитку водного господарства України Постанова Верховної Ради України від 14 січня 2000 року № 1390-XIV.
3. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 1997 г. / [ответственный редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 1998 – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 1998. – 252 с.

4. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2000 г. / [ответственный редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2001. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2001. – 274 с.
5. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2002 г. [ответственный редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2003. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2003. – 278 с.
6. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2003 г. / [ответственный редактор Колесник И.А., редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Государственный комитет Украины по гидрометеорологии, 2004. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2004. – 281с.
7. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши, 2004 г. / [ответственный редактор Колесник И.А., редактор Радзиевская Н.Г.]. – К.: Госком. Украины по гидрометеорологии, 2005. – Ч. 1 и 2: Выпуск 3. – 2005. – 278с.
8. «Положення про державну систему моніторингу довкілля» затверджене постановою Кабінетом Міністрів України від 30 березня 1998 р. №391.
9. Красовський Г. Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій / Г. Я. Красовський. – К.: Інтертехнологія, 2008.- 480 с.
10. Методика по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України/ УНДІВЕП, 2-ге видання перероблене та доповнене. – К.: „Полімед” – 2007. – 71с.
11. ArcGis Geostatistical Analyst. Руководство пользователя: Пер. с англ./ К. Джонсон, Д.М. Хоеф, К. Криворучко, Н. Лукас. – М.: Дата +, 2002. – 278с.

Стаття надійшла до редакції 27.03.13 українською мовою

© Е.С. Анпилова

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

В этой статье рассмотрены методы, позволяющие выявить закономерности изменения качества поверхностных вод бассейна р. Сиверский Донец, а именно зоны повышенной концентрации загрязняющих веществ, которые влияют на его экологическое состояние, а также построить картографические модели на основе использования возможностей геоинформационных систем и материалов космической съемки.

© Y.S. Anpilova

CARTOGRAPHIC MODELS FOR MONITORING OF SURFACE WATER

This paper consider methods allow determining the regularities of changes in the surface water quality of Siverskiy Donets river basin, in particular determining the areas with excessive concentrations of contaminants which have a negative impact on the ecological condition of the river basin. Also it allows construction of analytical and cartographic models based on the GIS system and the space survey data.

УДК 628.515

© О.О. Садчиков, аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

МОДЕЛЮВАННЯ І РОЗРАХУНКИ ВТРАТ НАПОРУ У ДВОШАРОВОМУ ФІЛЬТРИ ПРИ ЗНЕЗАЛІЗНЕННІ ВОДИ

Виконано моделювання і розрахунок втрат напору на двошарових фільтрах при знезалізненні води. Сформульована і обґрунтована математична модель втрат напору у двошарових фільтрах при знезалізненні води. Наведені рекомендації для розрахунку.

Ключові слова: знезалізнення води, двошарові очисні фільтри, втрати напору

У межах фільтроциклу зростання втрат напору по висоті завантаження очисного фільтра, як правило, відбувається нерівномірно. Внаслідок каталітичної реакції відбувається окислення двохвалентного заліза Fe^{2+} , яке надходить з підземною водою на фільтр, і утворюються сполуки заліза у вигляді осаду гідроксиду заліза, який накопичується в порах завантаження. При цьому в разі однорідного фільтра більша частина осаду затримується у верхній частині фільтра і зовсім недостатньо — в нижній частині. Таким чином, вилучення заліза і накопичення осаду, а також втрати напору по висоті фільтра відбуваються нерівномірно при значному завантаженні його роботи у верхній частині. Все це в цілому призводить до зниження ефективності роботи очисних фільтрів з однорідним завантаженням.

Однією з основних технологічних характеристик очисного фільтра, яку необхідно визначити, є втрата напору Δh при вилученні забруднень різного походження. Внаслідок накопичення осаду в завантаженні фільтра зменшується його коефіцієнт фільтрації і щільність, збільшується гідравлічний опір фільтра, що призводить до збільшення втрат напору і, в загальному випадку, до зменшення швидкості фільтрації.

Теоретичні дослідження втрат напору були широко вивчені О.Я. Олійником, А.М. Тугаєм, С.К. Кисельовим, В.И. Станкявичус та іншими, але вони стосувались тільки однорідних очисних фільтрів. Дослідження втрат напорів на двошарових фільтрах вивчалися тільки експериментальним шляхом, для окремих випадків.

За основу була прийнята загальна модель О.Я. Олійника, А.М. Тугая [4].

Основним базовим рівнянням для рішення цієї гідродинамічної задачі (моделі), як відомо, будуть рівняння фільтраційного потоку і рівняння нерозривності [1].

В умовах руху забруднених вод у фільтрах коефіцієнт фільтрації за рахунок утвореного осаду в завантаженні шарів фільтра буде змінюватись, внаслідок чого відоме рівняння фільтрації в цьому випадку матиме такий вигляд (закон Дарсі):

$$V(x,t) = -k(\sigma, x, t) \frac{\partial h(x,t)}{\partial x}, \quad (1)$$

а рівняння нерозривності, яке при постійній густині рідини $\rho_p = \text{const}$, площі фільтра $S = \text{const}$, початковій пористості завантаження $n_0 = \text{const}$, буде мати вигляд [1,2]:

$$\frac{\partial \tilde{\sigma}}{\partial t} - \frac{\partial V}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

де $\tilde{\sigma} = \frac{\sigma}{\delta}$, δ – густина твердого осаду масової концентрації в одиниці об'єму осаду; σ – масова концентрація (кількість) осаду гідроксиду заліза в твердій (нерухомій) фазі в одиниці об'єму фільтра.

Відомо [1,2], що найбільш ефективним технологічним режимом буде робота фільтра в умовах підтримання постійної швидкості фільтрування в шарах фільтра. При такому режимі роботи фільтра необхідно збільшувати напір на вході у фільтр на величину отримання втрат напору.

В результаті проведеного нами аналізу існуючих лабораторних дослідів процесу знезалізнення у фільтрах з різними типами завантаження залежність коефіцієнта фільтрації очисного фільтра при кольматації його осадом гідроксиду заліза можна представити у наступному безрозмірному вигляді з врахуванням відомих технологічних і інших параметрів A , n_0 і σ_{max}

$$k(x,t,\sigma) = -k_0(x) \cdot e^{\frac{\alpha_0 A \bar{\sigma}(x,t)}{1-A\bar{\sigma}(x,t)}}, \quad \bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma_{max}}; \quad (3)$$

$$\alpha_0 = \frac{\alpha \sigma_{max} (1 - 0,5A)}{A} \quad \text{при } \bar{\sigma} \leq 0,5; \quad (4)$$

$$\alpha_0 = \frac{\alpha \sigma_{max} (1 - A)}{A} \quad \text{при } \bar{\sigma} > 0,5 \quad (5)$$

n_0 – початкова пористість чистого фільтра;

α – дослідний параметр, який залежить від матеріалу завантаження і має розмірність, зворотну розмірності σ ;

$A = \frac{\sigma_{max}}{\delta n_0}$ – коефіцієнт граничного накопичення осаду, тобто відношення граничного

питомого об'єму осаду до початкової пористості чистого завантаження, σ_{max} – гранична концентрація осаду в одиниці об'єму фільтра.

Тоді для визначення втрат напору у двошаровому фільтрі маємо рівняння

$$\begin{aligned} \Delta h(x, t) &= \Delta h_1 + \Delta h_2 = V_0 \int_0^l \frac{d\eta}{k_1(x, t, \sigma_1)} + V_0 \int_l^L \frac{d\eta}{k_2(x, t, \sigma_2)} = \\ &= \frac{V_0}{K_{01}} \int_0^l e^{W_1} d\eta + \frac{V_0}{K_{02}} \int_l^L e^{W_2} d\eta \end{aligned} \quad (6)$$

де $W_i = \frac{\alpha_{0i} A_i \sigma_i(\eta, t)}{1 - A_i \sigma_i(\eta, t)}$

Відповідно [4] це рівняння можна також записати у формі:

$$\frac{\Delta h}{\Delta h_0} = \int_0^{\bar{\eta}} \frac{d\eta}{\bar{k}_1(\sigma_1)} + \int_{\bar{\eta}}^1 \frac{d\eta}{\bar{k}_2(\sigma_2)}, \quad (7)$$

$$\bar{\eta} = \frac{\eta}{L}$$

$\Delta h_0 = H_0 - H_2$ – початкові втрати напору у фільтрі;

$\Delta h = H - H_2$ – розрахункові втрати напору у фільтрі;

H, H_0 – відповідно розрахунковий і початковий напір на верхній границі фільтра;

H_2 – постійний напір на нижній границі фільтра;

$\bar{K}_i = \frac{k_i}{k_c}, k_c = \frac{V_0 L}{\Delta h_0}$ – ефективний коефіцієнт фільтрації чистого завантаження фільтра.

З рівняння (6) слідує, що загальні втрати напору у двошаровому фільтрі будуть складатися із суми втрат напору у кожному шарі Δh_1 і Δh_2 відповідно на ділянках l і $L-l$. Для визначення цих втрат можна скористатись рішенням при відповідних граничних умовах наведених рівнянь в умовах жорсткого режиму фільтрації. Для випадку однорідного фільтра це рішення, яке буде використано в подальшому аналізі, наведено в роботах [1]. В якості прикладу розрахунку наведемо результати розрахунку загальних втрат напору у верхньому шарі фільтра Δh_1 за запропонованою точною методикою. Ці результати показані на графіках $\frac{\Delta h_1 k_{01}}{l V_0} = f(\bar{t}, S_1)$, які наведені на рис. 3 в роботі [1] при $\bar{C}_{01} = \frac{C_{01}}{C_n} = 0,5, 0,75, 1,0, A_l = 0,5,$

$\alpha_{01} = 5, C_{p01} = 0.$

Аналіз цих графіків показує, що із збільшенням параметру $S_1 = \frac{\gamma_1 \sigma_{\max 1}}{K_1}$ втрати напору

будуть збільшуватись, а через деякий час $\bar{t} = \frac{K_1}{n_{01}} t$ зростання втрат напору майже не від-

бувається.

Нагадаємо, що при визначенні втрат напору у нижньому шарі можна також скористатись рішенням задачі для однорідного фільтра, приймаючи в ньому замість граничних концентрацій C_{l0} і C_{p1} їх значення на границі $x=l, C_l(l) = C_{p1}(l)$, при цьому треба також враховувати технологічні характеристики нижнього шару $A_2, \alpha_{02}, \sigma_{\max 2}$.

На підставі аналізу загального рішення задачі можна визначити такі окремі випадки і висновки:

1. Рівняння (6) і запропоноване його рішення дозволяє визначити втрати напору як в окремих шарах фільтру, так і в цілому у двошаровому фільтрі.

2. Якщо після промивки в шарах фільтра залишився невилучений осад середньою концентрацією в шарах σ_{C1}^0 і σ_{C2}^0 , то при подальшій експлуатації фільтра залишкові втрати напору в шарах потрібно збільшити загальний початковий опір на величину Δh_n .

$$\Delta h_n(L) = \Delta h_0(l)W_{01} + \Delta h_0(L-l)W_{02} \quad (8)$$

де $W_{0i} = e^{\frac{\alpha_{0i}A_i\sigma_{ci}}{1-A_i\sigma_{ci}}}$,

$\Delta h_0(l) = \frac{V_0}{k_{01}}l$ і $\Delta h(L-l) = \frac{V_0}{k_{02}}(L-l)$ — відповідно втрати напору в шарах чистого фільтра ($\sigma_i^0 = 0$).

При відомих втратах напору Δh_i в шарах фільтра згідно з рівнянням (8) можна визначити кількість невилученого осаду після промивки в цих шарах σ_{Ci}^0 .

3. При граничному наповненні осадом об'єму шарів фільтра ($\sigma_i = \sigma_{maxi}$), маємо

$$\Delta h(L)_{\max} = \Delta h_0(l) \cdot e^{\frac{\alpha_{01}A_1}{1-A_1}} + \Delta h_{02}(L-l) \cdot e^{\frac{\alpha_{02}A_2}{1-A_2}} \quad (9)$$

4. В результаті проведеного аналізу в подальшому з метою спрощення розрахунку загальних втрат напору у двошаровому фільтрі пропонується залежність

$$\Delta \bar{h}(\bar{l}, \bar{t}) = \beta_1 \bar{l} W_{C1} + \beta_2 (\bar{L} - \bar{l}) W_{C2}, \quad (10)$$

де $W_{Ci} = e^{\frac{\alpha_{0i}A_i\bar{\sigma}_{ci}(\bar{t}_i)}{1-A_i\bar{\sigma}_{ci}(\bar{t}_i)}}$, $\bar{\sigma}_{Ci} = \frac{\sigma_{Ci}}{\sigma_{maxi}}$ – осереднене значення концентрацій осаду в шарах фільтра,

рекомендації з визначення яких наведені в роботі [1], β_i – поправочний коефіцієнт, методику визначення якого наведено нижче.

Для визначення поправочного коефіцієнта β_i скористаймося порівняльним аналізом численних розрахунків, які наведені в роботі [1], для однорідного фільтра за точною формулою і наближеною формулою з поправочним коефіцієнтом β (10). На рис. 3,4, які наведені в роботі [1], для різних значень довжини верхнього шару \bar{l} наведені приклади графіків $\Delta \bar{h}(\bar{l}, \bar{t})$, $\bar{\sigma}_{C1}(\bar{l}, \bar{t})$, побудовані при $S_1=0,6$, $S_2=0,5$, $S_3=0,5$, $S_4=0,97$, $\bar{C}_{01} = 0,5$, $A_1=0,5$, $a_{01}=5$, $\sigma_1^0 = 0,1$, $n_c=0,4$ [1].

Внаслідок проведеного порівняльного аналізу для визначення коефіцієнта β_i пропонуються такі практичні рекомендації.

У всіх випадках кожного шару фільтра з різною довжиною при $\bar{t} \leq 4500$ можна прийма-

ти $\beta_i = 1$, тобто наближена і точна формула з визначення загальних втрат напору Δh_i дають майже однакові результати. Так, якщо вважати $\bar{t}_i = \frac{K_i}{n_{ci}} t$, а K_i – змінюється залежно від типу завантаження, частини якого повністю покриті залістистою плівкою з гідроксиду заліза в межах $K_i = 20 \dots 45$ м год⁻¹, а значення розрахункової пористості $n_{ci} = n_{oi}(1 - 0,5A_i) = 0,25 \dots 0,35$, то період роботи фільтра, коли можна приймати $\beta_i = 1$, становить десь до $t = 15 \dots 30$ годин.

5. При $\bar{t} > 10000$, як показав виконаний аналіз, накопичення осаду в шарах фільтра майже припиняється. Коефіцієнт β_i буде залежати від довжини шару фільтра \tilde{l}_i і параметра \tilde{S}_{li} . Визначення коефіцієнта β_i в цьому випадку здійснюється за графіком $\beta_i(\tilde{l}_i, S_{li})$, який наведено в роботі [1], де $\tilde{l}_1 = \frac{l_i}{V_0} K_1$, $\tilde{l}_2 = \frac{\tilde{L} - \tilde{l}_1}{V_0} K_2$, $K_i = K_{li} + K_i^*$.

6. Таким чином, в межах $4500 < \bar{t}_i < 10000$ коефіцієнт β_i буде залежати від параметрів $\bar{t}_i, \tilde{l}_i, S_{li}$, тобто змінюватись $\beta < \beta(\bar{t}_i, \tilde{l}_i, S_{li}) < \beta(\tilde{l}_i, S_{li})$.

Тому в цьому випадку можна прийняти наближену формулу для визначення $\beta(\bar{t}_i, \tilde{l}_i, S_{li})$ у вигляді

$$\beta(\bar{t}_i, \tilde{l}_i, S_{li}) = \beta_i + [\beta(\tilde{l}_i, S_{li}) - \beta_i] \cdot \frac{\bar{t}_i - \bar{t}_{li}}{t_{2i} - t_{li}}, \quad (11)$$

де відповідно \bar{t}_{li} і \bar{t}_{2i} відповідають значенням β_i і $\beta(\tilde{l}_i, S_{li})$, тобто $\bar{t}_{li} \leq 4500$ і $\bar{t}_{2i} > 10000$.

Як уже зазначалось вище, інтенсивність вилучення заліза, а в зв'язку з цим накопичення осаду і темп зростання втрат напору по висоті фільтра будуть неоднорідними. Спочатку більш інтенсивно втрати напору зростають у верхній частині фільтра, де накопичується більше осаду, і зменшуються в нижній частині, де накопичення осаду зменшується за рахунок зниження інтенсивності вилучення заліза. В цьому випадку величина втрат напору зростає дуже повільно і при деяких значеннях t настає стабілізація, і втрати напору за рахунок ущільнення і відриву часток, а також зниження сорбційно-окислювальних процесів не збільшуються, а навіть зменшуються.

Це фізично пояснений факт досить переконливо підтверджується експериментальними дослідженнями. Проте час стабілізації і відповідна йому величина Δh будуть значно більші тих, які рекомендується приймати технологією.

У зв'язку з тим, що в нижній частині інтенсивність вилучення заліза різко падає, то для одержання нормативної концентрації заліза у фільтраті в разі однорідного фільтра потрібно збільшувати його висоту, тому виникає необхідність влаштування двошарового фільтра, нижній шар якого забезпечить більш ефективно і економічне вилучення заліза.

Список використаної літератури

1. Олійник О.Я., Кисельов С.К. Теоретичні дослідження втрат напору на очисних фільтрах при знезалізненні води // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – Наук. тех. збірник. – вип. 1. – 2003 с. 3 – 12.
2. Киселев С.К. Моделирование и расчеты обезжелезивания воды на очистных фильтрах с учетом изменения гидравлических свойств загрузки // Дис. канд. техн. наук, 05.23.04. – К. – 2000. – 158 с.
3. Тугай А.М., Оліник О.Я., Тугай Я.А. Продуктивність свердловин в умовах кольматажу / посібник. – Харків, ХНАМГ, - 2004. – 240 с.
4. Поляков В.Л. Расчет осветления суспензий в двухслойной загрузке // Вісник Одес. держ. академії буд. і арх., - вип. 19 – с. 194 – 202.

Стаття надійшла до редакції 25.04.13 українською мовою

© О.О. Садчиков

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ ПОТЕРЬ НАПОРА
В ДВУХСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРАХ ПРИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИИ ВОДЫ**

Выполнено моделирование и расчеты потерь напора в двухслойных фильтрах при обезжелезивании воды. Сформулирована и обоснована математическая модель потерь напора в двухслойном фильтре при обезжелезивании воды. Приведены рекомендации для расчета.

© O.O. Sadchykov

**SIMULATION MODEL AND CALCULATIONS OF PRESSURE LOSS
INSIDE TWO-LAYER FILTER DURING IRON REMOVING FROM WATER**

Simulation model and calculations of pressure loss inside two-layer filter during iron removing from water. Formulation and substantiation of mathematic model of pressure loss inside two-layer filter during iron removing from water. Providing recommendation for engineering calculation.

УДК 502.5+502.06

© С.П. Іванюта, канд. техн. наук, старш. науковий співробітник, старший консультант

Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ

ПРО ІНТЕГРАЛЬНУ ОЦІНКУ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Розглянуто методичний підхід до порівняльної оцінки регіонів держави за рівнем екологічної безпеки. Запропоновано систему показників, що характеризують стан екологічної безпеки в регіональному вимірі. Проведено порівняльну оцінку регіонів держави та здійснено їх ранжирування за інтегральним показником екологічної безпеки.

Ключові слова: екологічна безпека, регіони України, індивідуальний ризик, загрози, надзвичайні ситуації, державна політика

У сучасних умовах екологічні проблеми стають усе важливішим чинником економічних проблем у більшості регіонів України. Аналіз основних тенденцій і характеру змін основних джерел загроз екологічній безпеці регіонів держави переконливо доводить, що збереження високої енерго- та ресурсоемності економіки України за умов подальшого виснаження земельних, водних, мінерально-сировинних і біотичних ресурсів неминуче призводить до формування масштабних загроз національній безпеці в екологічній і природно-техногенній сферах.

Просування України шляхом європейської інтеграції вимагає активної участі нашої держави у зусиллях міжнародного співтовариства з попередження та зменшення негативних наслідків реалізації екологічних загроз регіональній безпеці, запровадження ризик-орієнтованого підходу для підвищення дієвості й ефективності державної системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій різного походження, всебічного використання кращого досвіду розвинених країн у цій сфері.

У зв'язку з цим вельми важливим завданням державної регіональної політики у сфері захисту населення та господарських об'єктів від природно-техногенних загроз є забезпечення гарантованого рівня безпеки, що відповідає рівню розвинених країн світу. Це обумовлює необхідність проведення комплексного аналізу актуальних природно-техногенних загроз, здійснення їхнього постійного моніторингу та розроблення на цій основі обґрунтованих запобіжних заходів, спрямованих на попередження та мінімізацію негативних наслідків у разі їх реалізації.

В умовах фінансово-економічної кризи, коли досить гостро відчувається обмеженість ресурсів на запобігання та протидію загрозам екологічній безпеці регіонів, постає питання

щодо ефективного та обґрунтованого розподілу бюджетних коштів між регіонами для підвищення рівня безпеки населення та об'єктів господарювання. Досвід показує, що вирішення цього питання може базуватися на результатах порівняльної оцінки регіонів держави за комплексним показником, що враховує вплив актуальних загроз екологічній безпеці кожного регіону держави.

Треба також враховувати, що кожний регіон є складною соціально-економічною та екологічною системою, функціонування якої характеризується нестійкою рівновагою через вплив значної кількості чинників політичного, економічного, екологічного характеру. Важливою властивістю такого стану є швидке виникнення та розвиток кризових економічних та екологічних явищ під впливом зовнішніх збурень через нездатність регіону протистояти їх дестабілізуючому впливу. Враховуючи експортну орієнтацію економіки України з переважним спрямуванням на видобуток та переробку великих обсягів мінеральної сировини, що в цілому призводить до значного забруднення та погіршення стану повітря, земельних ресурсів, водних джерел, в багатьох регіонах держави можливий перехід до нестійкого стану саме через вплив екологічних чинників.

Беручи до уваги, що на стан екологічної безпеки певного регіону держави впливають загрози у природному, техногенному і соціальному середовищі, пропонується для порівняльної оцінки регіонів за рівнем екологічної безпеки використовувати інтегральний показник, який би враховував оцінки шкоди життю, здоров'ю, а також економічним інтересам населення даного регіону в результаті прояву цих загроз.

Вирішення таких завдань потребує розробки системи відповідних індикаторів, що всебічно характеризують динаміку процесів в екологічній сфері. Нині розробкою таких індикаторів займається низка міжнародних організацій, серед яких Комісія ООН зі сталого розвитку, Міжнародний інститут сталого розвитку (IISD), Науковий комітет з проблем навколишнього середовища (SCOPE), Єльський університет.

Так, фахівці Єльського університету щорічно визначають індекс якості довкілля (Environmental Performance Index), що характеризує ефективність державної політики щодо збереження екосистем. Цей показник розраховується з використанням 22 індикаторів, розподілених за десятьма категоріями, що характеризують як якість навколишнього середовища, так і життєздатність екосистем. Треба відзначити, що за рівнем цього показника у 2012 р. Україна зайняла лише 102-гу позицію серед інших 132 країн світу, що певним чином свідчить про низький рівень результативності державної політики в екологічній сфері [1].

Система екологічних індикаторів Організації економічного співробітництва і розвитку, що отримала в Європі широке визнання, включає більше 50 соціально-економічних індикаторів і індикаторів стану довкілля. При цьому показники згруповані за окремими розділами, що стосуються зміни клімату, озонного шару, стану повітря, відходів виробництва і споживання, якості і ресурсів прісних вод, лісових ресурсів, рибних запасів, енергетичних ресурсів і біологічної різноманітності [2].

Статистичним бюро Європейського Союзу (Eurostat) в рамках проекту "Розробка показників навантаження на природне середовище" (TEPI - Towards Environmental Pressure

Indicators for the EU) розроблено показники оцінки екологічних збитків, завданих господарською діяльністю людини. Ця система індикаторів певним чином характеризує рівень забруднення повітря, використання природних ресурсів, зміну клімату, токсичність, втрати біорізноманітності, прибережні зони і переробку відходів. Оцінка збитку надається у відсотках від ВВП і включає збиток, нанесений екосистемам, функціям природного середовища, здоров'ю людей, врожайності та ін. [3].

Статистичним відділом Секретаріату ООН розроблена система інтегрованого еколого-економічного обліку (System for Integrated Environmental and Economic Accounting), орієнтована на врахування ваги екологічного чинника у національних статистиках. Ця система оцінює взаємозв'язок між станом навколишнього середовища і розвитком економіки країни. Проведені за цією методикою розрахунки показали величезну розбіжність традиційних економічних показників і екологічно скоректованих. В середньому величина екологічно скоректованого чистого внутрішнього продукту складає 60-70% від ВВП [4].

Відомо, що порівняльна оцінка регіонів може здійснюватися за статистичним, ймовірнісним та евристичним методами [2]. Статистичний метод передбачає проведення аналізу статистичної інформації про наслідки прояву актуальних природних і техногенних загроз за певний проміжок часу та визначення на цій основі відповідних показників. Важливою перевагою цього методу є об'єктивність, що базується на використанні офіційних даних державних установ.

Використання ймовірнісного та евристичного методів дозволяє врахувати джерела загроз, що проявляються досить рідко, але мають катастрофічні наслідки. При цьому ймовірнісний метод потребує великого числа вихідних даних, є досить складним і має невисоку точність.

У даній роботі використовується інтегральний показник екологічної безпеки регіону з відповідними доповненнями, що розглядався у роботах [3, 4], а також використовувався у матеріалах оцінки Environmental Performance Index [1]. Розрахунок показника здійснювався за статистичним методом, що враховує офіційні дані стосовно результатів реалізації актуальних загроз на регіональному рівні.

При цьому показник екологічної безпеки регіону пропонується визначати за співвідношенням:

$$Y_j = \sum_k \beta_k y_{kj}, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6; \quad j = 1, \dots, 25$$

де y_{kj} - k -й показник небезпеки j -го регіону, β_k - ваговий коефіцієнт ($\sum_k \beta_k = 1$). Цей коефіцієнт може визначатися шляхом експертної оцінки в залежності від ваги впливу певної загрози на загальний рівень екологічної безпеки регіону.

Серед показників відповідного регіону, що певною мірою відображають загальний рівень його екологічної безпеки, далі розглядаються нормовані значення індивідуального ризику загибелі населення впродовж року від надзвичайних ситуацій (НС) (y_1), ризику матеріальних збитків у рік від НС (y_2), обсягу викидів в атмосферне повітря в розрахунку на душу

населення в рік (y_3), обсягу утворення відходів на душу населення в рік (y_4), показника відтворення лісів на душу населення за рік (y_5), смертності населення за рік на 100 000 осіб (y_6).

Індивідуальний ризик загибелі далі розглядається як ймовірність загинути впродовж року в результаті реалізації НС для населення відповідного регіону держави і визначається як співвідношення кількості загиблих від НС та чисельності населення даного регіону. В такому випадку значення показника y_{1j} визначатиметься за співвідношенням:

$$y_{1j} = r_j / r_{\max},$$

де r_{\max} - максимальне значення індивідуального ризику загибелі від НС у регіонах, які порівнюються. За даними Державної служби надзвичайних ситуацій, Міністерства екології та природних ресурсів України розраховано значення y_{1j} для всіх регіонів держави у 2010 р. (табл. 1).

Таблиця 1 — Визначення індивідуального ризику загибелі населення від НС (y_{1j})

Регіони України	Чисельність населення у 2010 р., чол.	Кількість загиблих від НС, чол.	Індивідуальний ризик загибелі від НС, 1/рік	Нормований показник, $y_{1j} = r_j / r_{\max}$
Автономна Республіка Крим	1964988	8	4.07127E-06	0.184364
Вінницька	1649478	12	7.27503E-06	0.329443
Волинська	1036516	0	0	0
Дніпропетровська	3353533	73	2.17681E-05	0.985749
Донецька	4463081	52	1.16511E-05	0.527612
Житомирська	1285040	16	1.2451E-05	0.563831
Закарпатська	1244876	0	0	0
Запорізька	1810387	19	1.0495E-05	0.475257
Івано-Франківська	1380551	0	0	0
Київська	1721035	20	1.16209E-05	0.526243
Кіровоградська	1017047	10	9.83239E-06	0.445251
Луганська	2309490	51	2.20828E-05	1
Львівська	2548900	3	1.17698E-06	0.053298
Миколаївська	1188924	11	9.25206E-06	0.418972
Одеська	2390028	15	6.27608E-06	0.284207
Полтавська	1498471	4	2.66939E-06	0.120881
Рівненська	1151686	0	0	0
Сумська	1171034	7	5.97762E-06	0.270691
Тернопільська	1088324	0	0	0
Харківська	2767462	22	7.94952E-06	0.359987
Херсонська	1092827	14	1.28108E-05	0.580126
Хмельницька	1333150	4	3.00041E-06	0.135871
Черкаська	1294386	4	3.09027E-06	0.13994
Чернівецька	904194	3	3.31787E-06	0.150247
Чернігівська	1108627	7	6.31412E-06	0.285929

Результати оцінки свідчать про значний ризик загибелі від НС у Луганській, Дніпропетровській, Донецькій, Житомирській, Київській та Херсонській областях. Враховуючи значну техногенну перевантаженість більшості з вказаних регіонів, а також велику кількість потенційно небезпечних промислових об'єктів на їх території, очевидно, що найбільший внесок у рівень ризику загибелі вносить саме техногенний чинник.

Треба також ураховувати, що на території цих регіонів останніми роками відбувається масштабна активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів, насамперед підтоплення та карсту, що в цілому негативно впливає на безпеку експлуатації більшості ПНО, включаючи розгалужені мережі транспортних систем залізничних колій, автошляхів, мостів, нафто- і газопроводів.

Визначення показника (y_3), що відображає обсяг викидів в атмосферне повітря в розрахунку на душу населення в рік, здійснюється аналогічним чином (табл. 2). Забруднення атмосферного повітря є одним із провідних елементів оцінки якості середовища проживання людини, що здійснює негативний вплив на її здоров'я. Сьогодні в Україні, незважаючи на певний спад виробництва, надзвичайно високим залишається забруднення повітряного середовища великих міст і промислових центрів. В результаті практично дві третини населення країни проживає на територіях, де стан повітря не відповідає гігієнічним нормативам. Проте питання щодо ступеня ризику за умов постійної тривалої дії шкідливих чинників повітряного середовища, якій піддається населення великих міст з різним профілем промисловості, залишаються відкритими.

Основними забруднювачами атмосферного повітря залишалися підприємства чорної металургії, теплової енергетики, вугільної, нафтогазовидобувної, цементної промисловості, викиди забруднюючих речовин яких склали майже 90 відсотків від загального обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами в Україні.

У розрізі галузей економіки найбільша частка викидів забруднюючих речовин 41,3 % (без урахування діоксиду вуглецю) припадає на виробництво і розподіл електроенергії, газу, води. У 2011 р. ці галузі збільшили викиди в атмосферу на 12,7 %.

На кожного жителя України в 2011 р. припадало 4,4 т викидів діоксиду вуглецю і 95,7 кг інших викидів в атмосферу. У територіальному розрізі на кожен квадратний кілометр території країни припадало 335 т діоксиду вуглецю і 7,2 т інших забруднюючих повітря речовин. Однак у деяких регіонах ці показники значно перевищили середній рівень по країні. Так, у Донецькій області обсяги викидів у розрахунку на 1 км^2 були більшими у 7,9 раза, а на 1 особу – у 3,6 раза, Дніпропетровській – відповідно у 4,1 та 3,0 раза, Луганській – у 2,4 та 2,2 відповідно, Івано-Франківській – у 2,4 та 2,2 раза. Підприємствами м. Києва у розрахунку на 1 км^2 території викинуто 39,8 т забруднюючих речовин, що перевищило середньоукраїнський показник у 5,5 раза.

Дані свідчать про вкрай високий рівень забруднення атмосферного повітря у Донецькій, Дніпропетровській, Луганській, Запорізькій областях, що суттєво перевищує середньоукраїнське значення. Крім того, найбільші викиди від стаціонарних джерел у 2011 році спостерігались саме у Донецькій області і склали 1525,9 тис. т або 34,9 % від загального обсягу

по країні, Дніпропетровській – 950,4 тис. т або 21,7 % та Луганській області – 472,1 тис. т, або 10,8 %. Протягом 2011 року викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря здійснювали близько 8,7 тис. промислових підприємств, від яких в атмосферу надійшло більше 4,37 млн т забруднюючих речовин, що на 5,9 % більше ніж у 2010 р.

Таблиця 2

Регіони України	Чисельність населення у 2010 р., чол.	Викиди в атм. повітря, тис.т	Викиди в атм. повітря, т/особу	Нормований показник, $y_{3j} = v/v_{\max}$
Автономна Республіка Крим	1964988	141.4	0.07196	0.202001
Вінницька	1649478	185.1	0.112217	0.31501
Волинська	1036516	57.2	0.055185	0.154912
Дніпропетровська	3353533	1140.5	0.340089	0.954679
Донецька	4463081	1589.9	0.356234	1
Житомирська	1285040	87.5	0.068091	0.191142
Закарпатська	1244876	87.1	0.069967	0.196407
Запорізька	1810387	326.1	0.180127	0.505643
Івано-Франківська	1380551	224.9	0.162906	0.4573
Київська	1721035	269	0.156301	0.43876
Кіровоградська	1017047	72.2	0.07099	0.199279
Луганська	2309490	599.2	0.259451	0.728317
Львівська	2548900	246.3	0.09663	0.271254
Миколаївська	1188924	83.2	0.069979	0.196442
Одеська	2390028	181.2	0.075815	0.212824
Полтавська	1498471	172.7	0.115251	0.323526
Рівненська	1151686	56.2	0.048798	0.136983
Сумська	1171034	88.9	0.075916	0.213107
Тернопільська	1088324	63.9	0.058714	0.164819
Харківська	2767462	281.4	0.101682	0.285435
Херсонська	1092827	74.2	0.067897	0.190597
Хмельницька	1333150	83.8	0.062859	0.176453
Черкаська	1294386	138.6	0.107078	0.300583
Чернівецька	904194	44.6	0.049326	0.138464
Чернігівська	1108627	96.7	0.087225	0.244853

Що стосується ризику матеріальних збитків у рік від НС (y_2), то цей показник можна оцінити у спосіб обчислення середнього ризику втрат за рік від НС різного походження для відповідного i -го регіону України за співвідношенням [2, 6]:

$$r_i = q_i / Q_i,$$

де r_i - середній ризик матеріальних збитків від НС різного походження за рік для відповідного i -го регіону України;

q_i – обсяг матеріальних збитків від НС різного походження на території i -го регіону (тис. грн);

Q_i – обсяг валового регіонального продукту i -го регіону України (тис. грн).

Результати оцінки ризику в регіонах України свідчать про значний його рівень в західних областях, насамперед у Закарпатській та Івано-Франківській, які майже щорічно потерпають від масштабних наслідків НС метеорологічного походження [6]. Значні ризики зберігаються також для територій Херсонської, Харківської та Чернівецької областей.

Привертає увагу той факт, що в найбільш розвинених промислових регіонах держави зафіксовано відносно невеликий рівень ризику втрат від НС. На наш погляд, це можна пояснити значними обсягами ВРП даних регіонів, що певною мірою компенсує саме матеріальні збитки від НС різного походження.

Розраховуючи аналогічним чином інші показники небезпеки відповідного регіону держави y_{kj} , отримуємо узагальнюючу таблицю результатів оцінки, що відображає порівняльну характеристику екологічної безпеки регіонів України станом на 2010 р. у відповідності до прийнятих узагальнень.

Таблиця 3 — Характеристика регіонів України за інтегральним показником екологічної безпеки (Y_j)

Регіони України	y_{1j}	y_{2j}	y_{3j}	y_{4j}	y_{5j}	y_{6j}	Y_j
Автономна Республіка Крим	0.184	0.089	0.202	0.018	0.143	0.475	0.206
Вінницька	0.329	0.036	0.315	0.013	0.365	0.542	0.282
Волинська	0.000	0.000	0.155	0.007	0.775	0.914	0.292
Дніпропетровська	0.986	0.011	0.955	1.000	0.120	0.302	0.563
Донецька	0.528	0.002	1.000	0.150	0.090	0.216	0.373
Житомирська	0.564	0.000	0.191	0.005	1.000	0.766	0.405
Закарпатська	0.000	1.000	0.196	0.002	0.355	0.789	0.433
Запорізька	0.475	0.001	0.506	0.036	0.222	0.530	0.328
Івано-Франківська	0.000	0.604	0.457	0.009	0.349	0.611	0.370
Київська	0.526	0.000	0.439	0.020	0.350	0.592	0.348
Кіровоградська	0.445	0.002	0.199	0.340	0.454	1.000	0.409
Луганська	1.000	0.092	0.728	0.081	0.539	0.433	0.513
Львівська	0.053	0.027	0.271	0.012	0.260	0.329	0.163
Миколаївська	0.419	0.063	0.196	0.031	0.456	0.869	0.358
Одеська	0.284	0.016	0.213	0.003	0.286	0.429	0.217
Полтавська	0.121	0.001	0.324	0.035	0.295	0.654	0.253
Рівненська	0.000	0.000	0.137	0.007	0.907	0.819	0.283
Сумська	0.271	0.003	0.213	0.009	0.412	0.821	0.304
Тернопільська	0.000	0.010	0.165	0.012	0.166	0.777	0.208
Харківська	0.360	0.168	0.285	0.011	0.087	0.337	0.240
Херсонська	0.580	0.148	0.191	0.005	0.367	0.927	0.406
Хмельницька	0.136	0.122	0.176	0.011	0.361	0.663	0.257
Черкаська	0.140	0.014	0.301	0.014	0.264	0.715	0.262
Чернівецька	0.150	0.203	0.138	0.002	0.511	0.945	0.338
Чернігівська	0.286	0.027	0.245	0.004	0.616	0.890	0.352

Треба зазначити, що при розрахунку інтегрального показника екологічної безпеки методом експертної оцінки було визначено відповідні вагові коефіцієнти для кожного u_{kj} . Експертні дослідження проводяться з метою підготовки обґрунтованої інформації для осіб, що приймають управлінські рішення. Для цього створюється робоча група, яка практично організовує діяльність експертів, що можуть об'єднуватися в експертну комісію. Експертні оцінки можуть бути індивідуальними та колективними. При індивідуальній оцінці відбувається отримання інформації лише від одного фахівця, в той час як колективні передбачають врахування оцінок від комісії або групи експертів для підвищення адекватності оцінювання.

Таблиця 4 — Визначення вагових коефіцієнтів β_k

u_{kj}	u_{1j}	u_{2j}	u_{3j}	u_{4j}	u_{5j}	u_{6j}
β_k	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2

За результатами оцінки інтегрального показника екологічної небезпеки проведено ранжирування регіонів України (рис. 1), що дозволяє певною мірою класифікувати їх відносно рівня безпеки. При цьому слід враховувати, що найбільше значення цього показника свідчить про найнижчий рівень екологічної безпеки відповідного регіону.

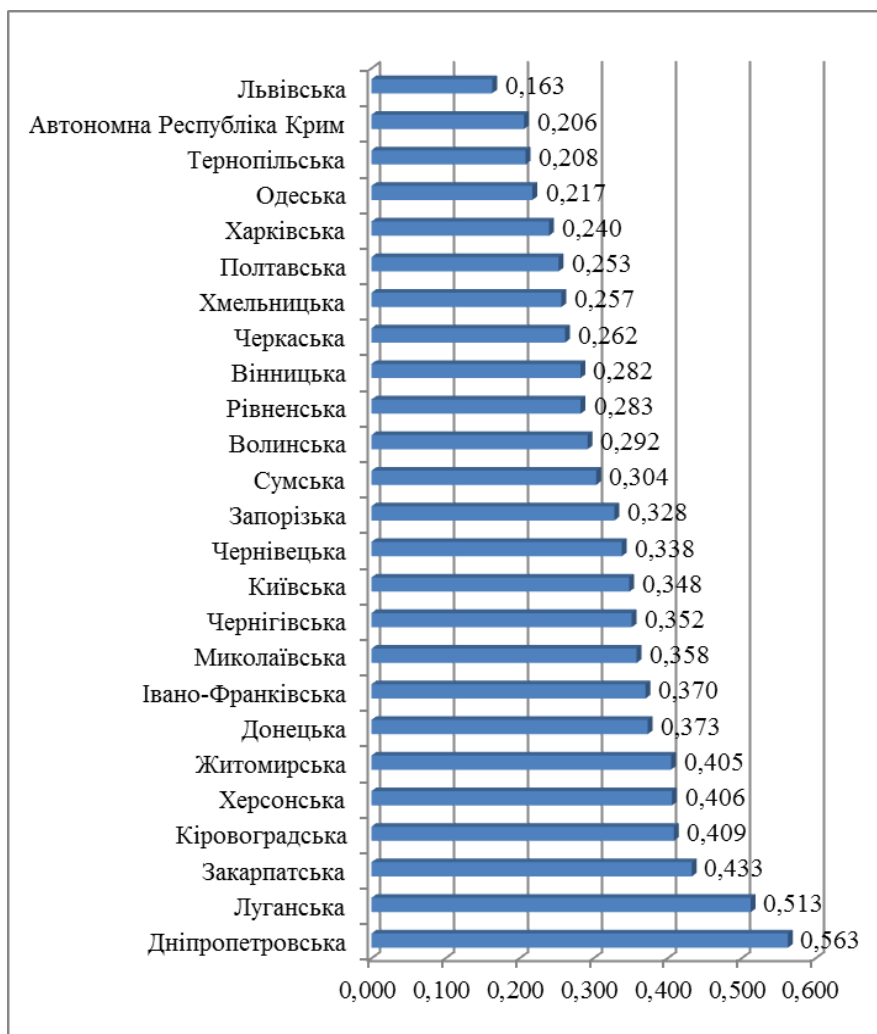


Рис. 1 — Ранжирування регіонів України за інтегральним показником екологічної безпеки

Результати оцінки демонструють низькі рівні екологічної безпеки для Дніпропетровської, Луганської, Закарпатської, Кіровоградської, Херсонської, Житомирської, Донецької, Івано-Франківської, Миколаївської областей. Більш сприятлива ситуація стосовно екологічної безпеки спостерігається у Львівській області, АР Крим, Тернопільській, Одеській областях.

Проводячи класифікацію регіонів держави за рівнями екологічної безпеки з урахуванням значення інтегрального показника, можна вважати, що до регіонів помірної безпеки ($Y_j = 0,10 \div 0,30$) відносяться АР Крим, Львівська, Тернопільська, Одеська, Харківська, Полтавська, Хмельницька, Черкаська, Вінницька, Рівненська та Волинська області. До регіонів з незначним рівнем безпеки ($Y_j = 0,30 \div 0,36$) відносяться Сумська, Запорізька, Чернівецька, Київська, Чернігівська та Миколаївська області. При цьому Івано-Франківська, Донецька, Житомирська, Херсонська, Кіровоградська, Закарпатська, Луганська та Дніпропетровська області відносяться до регіонів з низьким рівнем безпеки ($Y_j = 0,36 \div 0,60$).

Порівнюючи отримані результати проведеної оцінки за інтегральним показником безпеки з характеристикою регіонів [6], що здійснювалася за іншою методикою з використанням даних 1999 р., можна відмітити суттєве зростання середньоукраїнського значення інтегрального показника безпеки (з 0,258 до 0,326). Крім того, суттєво відрізняється структурування регіонів за рівнем безпеки. Так, до класу регіонів з низьким рівнем безпеки перемістилися Дніпропетровська, Закарпатська, Кіровоградська, Херсонська області, Житомирська області, що додатково свідчить про суттєве погіршення екологічної ситуації в цих регіонах України і державі загалом. Треба також відмітити перехід АР Крим, Одеської, Харківської, Полтавської областей до класу регіонів помірної безпеки, що є позитивним чинником з огляду на рекреаційний потенціал цих регіонів.

Очевидно, що більш обґрунтована порівняльна оцінка регіонів держави передбачає проведення більш детального дослідження динаміки змінювання інтегрального показника протягом 2000-2012 рр.

В цілому можна зазначити, що нині в Україні спостерігаються аномальні техногенні зміни головних стратегічних природних ресурсів, що негативно впливають на стан екологічної безпеки. Тому обґрунтована оцінка природокористування та процесів, що відбуваються в природному середовищі на усіх рівнях, є важливою складовою у формуванні та реалізації державної політики.

Існуюча в Україні система моніторингу не забезпечує проведення систематичних і обґрунтованих досліджень гранично допустимих параметрів екосистем, характеру змін основних джерел загроз екологічній безпеці держави і тому потребує кардинального удосконалення. Крім того, комплексна оцінка стану екологічної безпеки як важливої складової національної безпеки в Україні не здійснюється.

Серед важливих причин посилення кризового екологічного стану в державі можна виокремити відсутність науково-обґрунтованих критеріїв оцінки екологічних і техногенних загроз національній безпеці, а також недостатній рівень пріоритету державної екологічної політики за відсутності дієвого моніторингу актуальних загроз і ризиків.

З метою обґрунтованої оцінки характеру змін основних загроз національній безпеці в

екологічній сфері та визначення пріоритетних напрямків їх нейтралізації доцільно організувати моніторинг стану екологічної складової національної безпеки держави на основі системи запропонованих показників.

Таким чином, розглянутий підхід до порівняльної оцінки регіонів за рівнем екологічної безпеки дозволяє здійснювати ранжирування регіонів за інтегральним показником безпеки, цілеспрямовано здійснювати моніторинг актуальних загроз екологічній безпеці на основі системи їхніх показників, а також більш обґрунтовано приймати рішення щодо підвищення рівня екологічної безпеки регіонів держави.

В рамках запропонованого підходу доцільно провести подальші дослідження за наступними напрямками:

- формування дієвої системи підбору кваліфікованих експертів за кожною сферою національної безпеки;
- визначення взаємозв'язків відносних показників загроз екологічній безпеці в усіх сферах національної безпеки;
- обґрунтування вибору нормуючих вагових коефіцієнтів для оцінювання стану екологічної безпеки на регіональному рівні;
- розробка методів і засобів системного моніторингу екологічних загроз, що дозволяють не лише контролювати, а й забезпечувати підтримку такого стану безпеки, за якого її показники перебуватимуть у допустимих межах.

Список використаних джерел

1. Environmental Performance Index 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://epi.yale.edu/>
2. OECD Key Environmental Indicators. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf>
3. EUROSTAT: Environmental Pressure indicators for the EU. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/status-of-marine-fish-stocks/eurostat-environmental-pressure-indicators-for>
4. System of Environmental-Economic Accounting (SEEA). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp>
5. Статистична інформація Державного комітету статистики України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
6. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращання / А. Б. Качинський. – К. : НІСД, 2001. – 312 с.
7. Шахраманьян М.А., Акимов В.А., Козлов К.А. Оценка природной и техногенной безопасности России. – М.: Деловой экспресс, 2006. – 218 с.
8. Акимов В.А., Потапов Б.В., Радаев Н.Н. Сравнительная оценка безопасности регионов по статистическим данным // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 1998. – № 11. - С. 78 – 85.

9. Іванюта С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків : монографія / С.П. Іванюта, А.Б. Качинський; Національний інститут стратегічних досліджень. – К.: НІСД, 2012. – 308 с.

Стаття надійшла до редакції 17.04.13 українською мовою

© С.П. Іванюта

**ОБ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
РЕГИОНОВ УКРАИНЫ**

Рассмотрен методический подход к сравнительной оценке регионов государства по уровню экологической безопасности. Предложена система показателей, которые характеризуют состояние экологической безопасности в региональном измерении. Проведена сравнительная оценка регионов государства и осуществлено их ранжирование по величине интегрального показателя экологической безопасности.

© S.P. Ivaniuta

**ABOUT INTEGRAL ESTIMATION OF ECOLOGICAL SAFETY
OF REGIONS IN UKRAINE**

The methodical approach to the comparative estimation of regions of the state on ecological safety is considered. The system of indexes which characterize the state of ecological safety in the regional measuring is offered. The comparative estimation of regions of the state is conducted and their ranging is carried out on the size of integral index of ecological safety.

УДК 551.311.8

© К.О. Радловська, аспірант

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ЛАНДШАФТНА, ЕКОЛОГІЧНА ТА ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ КАРТОСХЕМИ РОГАТИНСЬКОГО ОПІЛЛЯ

За даними польового опробування ґрунтового покриву та атомно-адсорбційних аналізів проб ґрунтів на вміст важких металів Hg, As, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr складені бази даних та поелементні техногеохімічні карти, а їх сумісний аналіз з ландшафтною картою став основою для побудови екологічної та геоекологічного районування картосхем.

Ключові слова: атомно-адсорбційний аналіз, важкі метали, бази даних, техногеохімічна, ландшафтна, екологічна та геоекологічного районування картосхеми

Актуальність теми. Забруднення довкілля викидами токсичних хімічних елементів і речовин в атмосферне повітря, водне середовище, у ґрунти призводить до деградації рослинності та ландшафтів, згубно впливає на стан здоров'я населення. Тому дослідження техногеохімічного стану ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, донних відкладів, атмосферного повітря, опадів дощу та снігу, золи трав'янистої рослинності є важливим для оцінки екологічного стану та екологічної ситуації територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обраний нами для екологічної оцінки Рогатинський район Івано-Франківської області, з одного боку, вважається одним із чистих від забруднення, незважаючи на розташовану південніше Бурштинську ТЕС – одне з потужних на заході України техногенне джерело забруднення. Тому важливо було провести дослідження саме тут, на території Рогатинського Опілля, що і було виконано автором у 2011, 2012 рр. [6, 7]. На площі 815 км² були розмічені 9 профілів з 80 геоекологічними полігонами, на яких відібрані та проаналізовані атомно-адсорбційним методом проби ґрунтів на важкі метали Hg, As, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr. Результати аналізів зведені у комп'ютерну базу даних (див. табл. 1, стор. 83 у [6]), порашовані фонові та аномальні вмісти, а також ізоконцентрати, що дозволило автору побудувати техногеохімічні карти розповсюдження у ґрунтах по площі району основних забруднювальних елементів – важких металів (див. рис. 1-7, стор. 49-52 у [7]).

Розподіл важких металів виявив кілька аномалій по відношенню до природного геохімічного фону та ГДК, де вміст забруднювачів у 3-5 разів вищий. На карті сумарного показника забруднення, яка об'єднує усі поелементні техногеохімічні карти, перевищення фонових вмістів приурочено до м.Рогатин і далі на північний схід від нього, а також до долин рр. Свірж, Гнила Липа, Нараївка, поблизу населених пунктів.

Виклад основного матеріалу. Для побудови картосхем ландшафтної, екологічної та геоекологічного районування (рис. 1-3) автором використані методики О.М. Адаменка [1], Л.В. Міщенко [4], Д.О. Зоріна [3] та ін.

Екологічна картосхема або карта сучасної екологічної ситуації є результатом екологічного аудиту [4] відповідної території. Для побудови її оцінюється геоекологічний стан кожного компонента довкілля шляхом інтегрування (комп'ютерного накладання) поелементних і покомпонентних техногеохімічних карт геологічного середовища, геоморфосфери, водних ресурсів, атмосферного повітря, ґрунтового та рослинного покривів (рис.1).

Як же ми оцінюємо кількісні зміни в екологічному стані ландшафтів та його компонентів? Для цього використовуються запропоновані В.М. Гуцуляком [2] коефіцієнти концентрації, кларки концентрації, сумарні показники забруднення та інші параметри. Розрахунки цих кількісних показників дозволяють оцінити екологічні зміни довкілля, які поділяються на кілька геоекологічних станів (рис. 2). Звичайно ж, це можливо виконати, якщо перед тим ми провели польові експедиційні дослідження, відібрали проби ґрунтів, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, атмосферного повітря, донних відкладів, дощу і снігу, рослинності. Проаналізувавши ці проби на вміст в них основних забруднювачів, побудувавши відповідні бази даних, можна приступати до оцінки геоекологічного стану, що детально висвітлено у роботах О.М. Адаменка, Д.О. Зоріна, Л.В. Міщенко та ін. [1, 3, 4].

У кожному компоненті довкілля (ґрунтах, воді, повітрі і т.д.) можна знайти велику кількість різних хімічних елементів, які до певних концентрацій не є шкідливими для людини, а навіть корисними, необхідними. Середній вміст елементів у земній корі (літосфері) називають кларком. Такі ж кларки розраховані для ґрунтів, вод і т.д. Але в кожному регіоні, в залежності від геологічної будови, типу ґрунтів, географічної зональності та інших чинників, будуть свої, характерні тільки для цього регіону, середні вмісти того чи іншого елементу. Такий середній вміст називають регіональним фоном.

Таким чином, тільки ті вмісти елементів, які перевищують геохімічний фон, можуть бути аномальними, а значить, і шкідливими для нормального розвитку екосистем. Якщо ж вміст того чи іншого елементу в досліджуваному районі перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), то цей елемент стає токсичним, тобто шкідливим для організму людини.

При екологічних дослідженнях того чи іншого району визначається оптимальна мережа геоекологічних полігонів, на яких відбираються проби з відповідних природних середовищ. Після аналізів для кожної точки маємо конкретні дані щодо вмісту хімічних елементів або бази даних. Мережа геоекологічних полігонів для екологічного аудиту повинна визначатись таким чином, щоб були охоплені усі ландшафти кількома точками відбору проб у залежності від масштабу карти.

Розрахунки фонового вмісту того чи іншого елементу в тому чи іншому компоненті довкілля виконуються шляхом групування вмісту елементів за характерними їх інтервалами. По кожному інтервалу враховується середній вміст \bar{x} у своїй групі. Фоновий вміст C_{ϕ} - це такий, що характеризує не менше 2/3 або 66,6% проб з мінімальним і максимальним вмістом.

Фон розраховується як сума середніх вмістів елементу не менш як у 66,6% проб, поділена на кількість цих проб [4].

На техногеохімічну карту розповсюдження того чи іншого елементу в конкретному компоненті довілля виносяться ізолінії його рівних концентрацій (ізоконцентрати – ік), які повинні відповідати середньому вмісту \bar{x} елементу в кожному характерному інтервалі. Тобто ізолінії концентрацій елементів на картах проводяться не довільно, як іноді можна бачити на геохімічних картах, а тільки через характерні інтервали. Тоді ізолінії будуть передавати характер розповсюдження елементу в компоненті довілля. Це обґрунтовується характером розподілу вмістів того чи іншого елементу у своїх інтервалах.

Поелементні техногеохімічні карти вмісту того чи іншого елементу у компонентах довілля будуються шляхом інтерполяції даних від одного геоекологічного полігону до сусіднього або в автоматичному режимі на ПЕОМ, користуючись програмами SURFER, MAP INFO, TNT mips та іншими.

Коефіцієнт концентрації (K_c) або аномальності хімічних елементів – це показник ступеня накопичення того чи іншого елемента по відношенні до його фонового вмісту. K_c визначається відношенням реального вмісту в даній точці кожного компонента довілля, поділеному на його фоновий вміст:

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

де C_i - вміст і-того елементу в досліджуваному компоненті, мг/кг,
 C_ϕ - його природний фон, мг/кг.

Користуючись базою даних із вмісту елементів, можна розрахувати коефіцієнти концентрації елементів в окремих компонентах довілля для усіх геоекологічних полігонів.

Сумарний показник забруднення ландшафту (Z_c або СПЗ) компонента довілля розраховується за формулою В.М. Гуцуляка [2]:

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

де n – загальна кількість врахованих хімічних елементів (сумуються значення $K_c > = 1$).

Сумарні показники забруднення того чи іншого компонента довілля характеризують його стійкість по відношенню до антропогенного навантаження. Якщо останнє не перевищує здатність ландшафту до самоочищення, то виникають екологічні ситуації різної складності, які й оцінюються кількісно. Користуючись базою даних з коефіцієнтів концентрації (K_c) елементів та сумарних показників забруднення (Z_c), ми побудували карти розподілу цих параметрів на території досліджуваного району [7].

Комплексні (сумарні, синтетичні, інтегральні) карти сучасної екологічної ситуації (рис.2) як результат екологічного аудиту складаються шляхом комп'ютерного накладання покомпонентних карт, які є результатом накладання поелементних техногеохімічних карт на ландшафтну карту (рис.1).

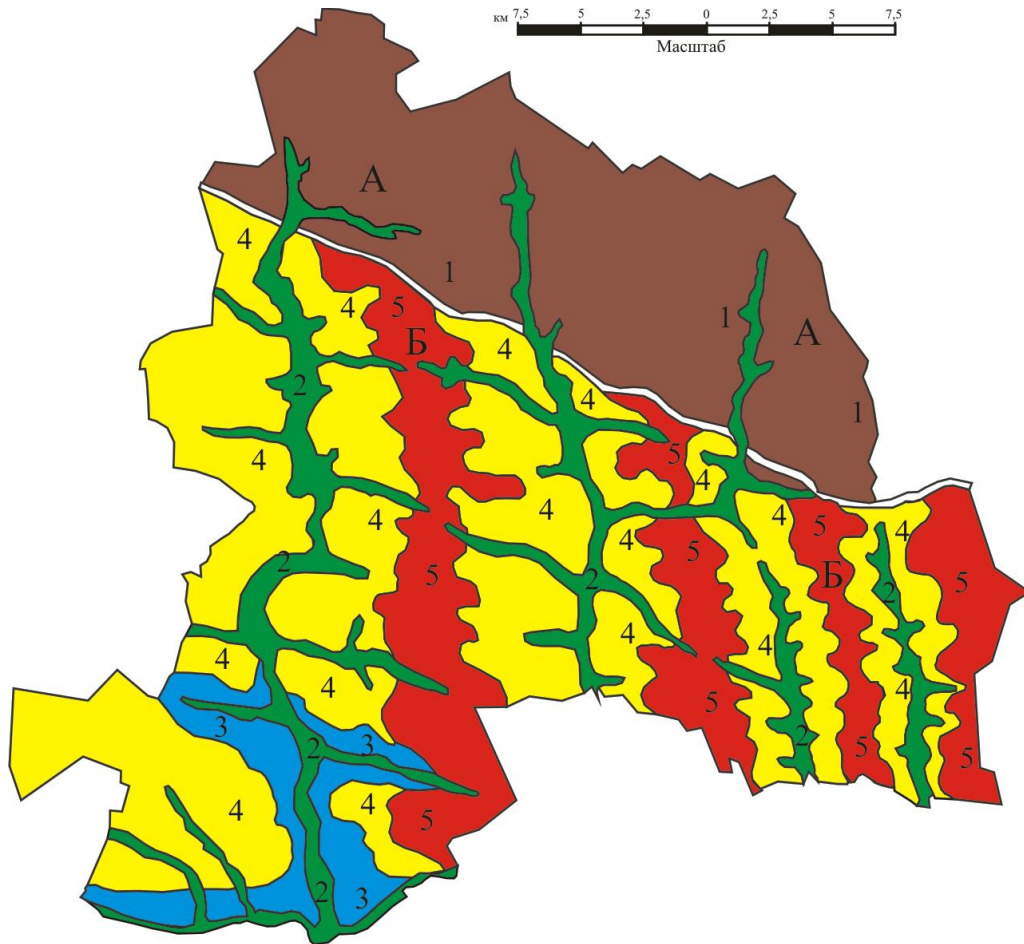


Рис. 1 — Ландшафтна картосхема території Рогатинського району

Умовні позначення до рис. 1.

Фізико-географічна країна – Східноєвропейська рівнина (південно-західна частина)

Клас ландшафтів рівнинний

Природна зона – широколистяних лісів

Тип ландшафтів – височини і низовини з антропогеновим покривом на крейдових та неогенових відкладах

Види ландшафтів:

А. Гологори – структурно-денудаційні височини, сильно розчленовані, з сірими і темно-сірими опідзоленими ґрунтами, з грабовими і буковими дібровами

Б. Рогатинське Опілля – ерозійно-денудаційні височини з сірими і темно-сірими опідзоленими ґрунтами, з острівними грабово-буковими лісами

В. Долина Дністра – акумулятивна терасована рівнина з чорноземами та сірими ґрунтами, з заболоченими луками та прирусловими чагарниками

1 Місцевості: заплави та I надзаплавні тераси – лісові, лучні-остепнені з острівними вербо-вільховими лісами на заболочених ґрунтах

2 Поверхні II і III надзаплавних терас з лесовим покривом на чорноземах опідзолених та темно-сірих опідзолених ґрунтах з острівними дібровами

3 Поверхні II і III надзаплавних терас з лесовим покривом на чорноземах опідзолених та темно-сірих опідзолених ґрунтах з острівними дібровами

4 Ерозійні схили річкових долин з опідзоленими темно-сірими ґрунтами, з острівними дібровами

5 Плоскі поверхні лесових остепнених височин, з сірими і темно-сірими опідзоленими ґрунтами, з рідкими дубово-грабовими дібровами

A
B
B

Границя між ландшафтами Гологор (А), Рогатинського Опілля (Б) і долиною Дністра (В)

4
5

Границі між ландшафтними місцевостями.

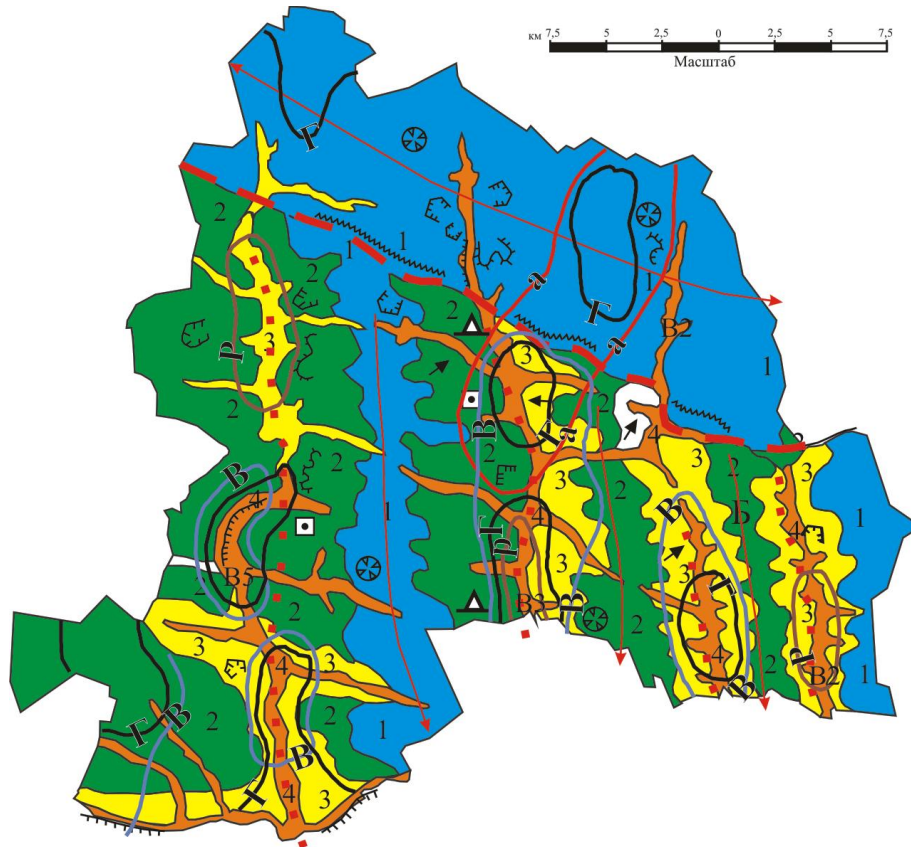


Рис. 2 — Екологічна картосхема території Рогатинського району

**Умовні позначення до рис. 2.
Екологічна ситуація**

- Геологічне середовище**
- Неотектонічні розломи, виражені в рельєфі уступами
 - Кар'єри
 - Неотектонічні підняття (а) та опускання (б)
 - Карст
- Геофізичні поля**
- Інтенсивні градієнти природних гравітаційних та магнітних полів
- Геоморфосфера**
- Бічна та лінійна ерозія
 - Зсуви
- Гідросфера**
- Категорія якості поверхневих вод
 - Контури забруднення ґрунтових вод вище фону
- Атмосфера**
- Контури забруднення повітря вище фону
- Педосфера**
- Контури забруднення ґрунтового покриву вище фону
- Фітосфера**
- Контури забруднення рослинного покриву вище фону
- Основні джерела викидів в атмосферу та скидів у водне середовище**
- Місця звалищ твердих відходів
 - Бувші склади пестицидів
- Екологічний стан території**
- 1 (фон < 0,5-1) нормальний
 - 2 Задовільний (фон 1-2)
 - 3 Напружений (фон 2-3)
 - 4 Складний (фон > 3)

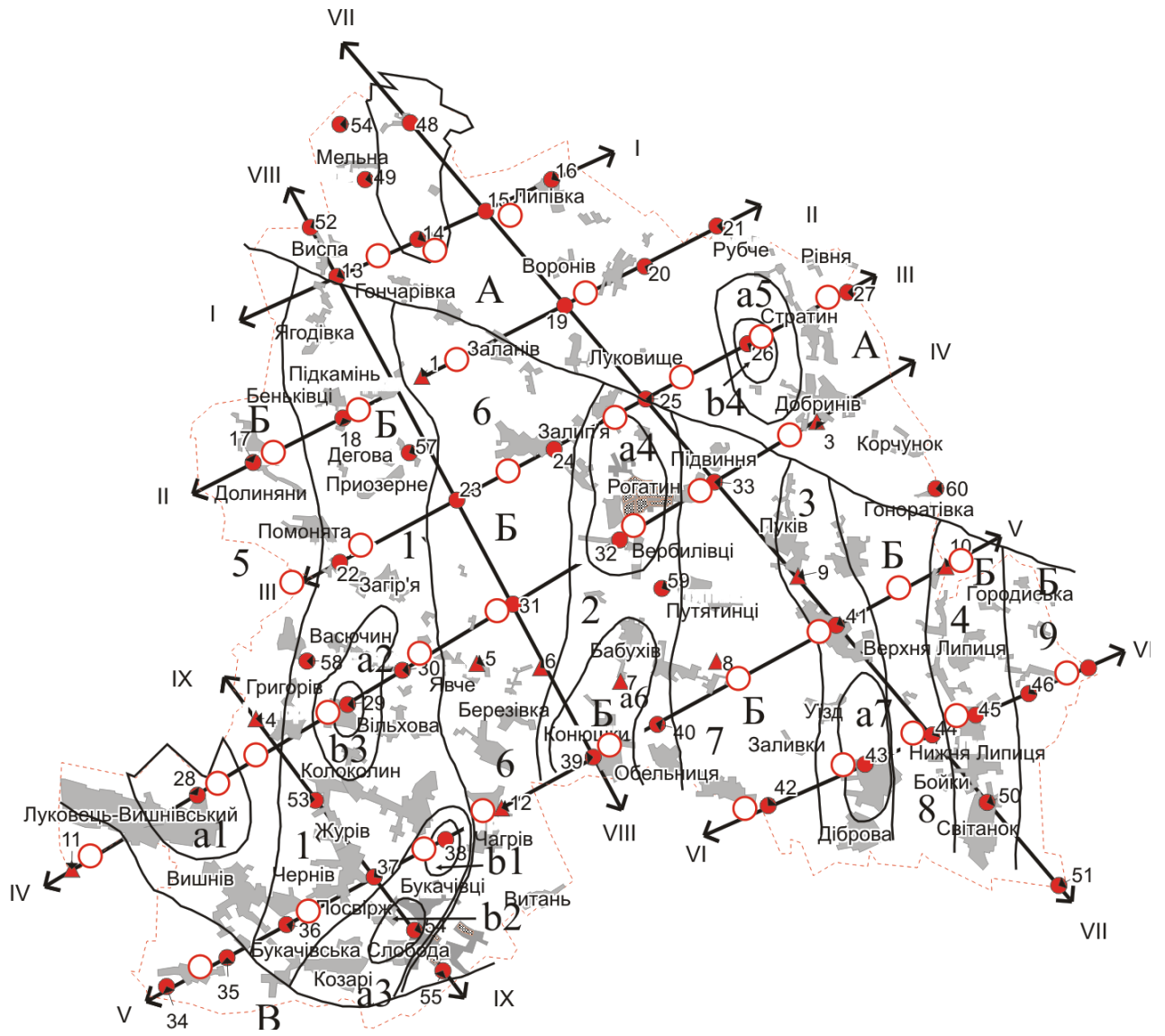


Рис. 3 — Картосхема геоекологічного районування території Рогатинського району

Умовні позначення до рис. 3.

Геоекологічні структури

Геоекологічні зони: А – Гологірська, Б – Рогатинсько-Опільська, В – Дністровська

Геоекологічні смуги концентрації: 1 – Свіржська, 2 – Гнило-Липівська, 3 – Пуківська, 4 – Нараївська;

Геоекологічні смуги розсіювання: 5 – Луковецька, 6 – Березівська, 7 – Заливкінська, 8 – Нижньо-Липівська, 9 – Городинська;

Геоекологічні ареали концентрації: а₁ – Вишнівський, а₂ – Васючинський, а₃ – Букачівський, а₄ – Рогатинський, а₅ – Рівнянський, а₆ – Бабухівський, а₇ – Дібровський з геоекологічними вогнищами – джерелами забруднення: б₁ – Чагрівське, б₂ – Слобідське, б₃ – Вільхівське, б₄ – Стратинське.

▲ Геоекологічні полігони обласної системи екологічного моніторингу

● Геоекологічні полігони – точки відбору проб у 2003-2004рр.

○ Геоекологічні полігони – точки відбору проб ґрунтів автором у жовтні 2012р. та проектні полігони

○↗↘ Мережа рекомендованих автором проектних профілів і геоекологічних полігонів системи моніторингу довкілля

Геоекологічний стан компонентів довкілля Рогатинського Опілля визначаємо ранжируванням сумарних показників забруднення (СПЗ) ґрунтового покриву (табл. 1). Кожному екологічному стану відповідає той чи інший колір на карті сучасної екологічної ситуації.

Таблиця 1 — Ранжирування сумарних показників забруднення для оцінки екологічного стану компонентів довкілля

Сумарні показники забруднення ґрунтів	Геоекологічний стан
0-1	нормальний
1-5	задовільний
5-10	напружений
> 10	складний

У результаті на карті сучасної екологічної ситуації (рис. 2) виділяються контури розповсюдження різних геоекологічних станів, узгоджені з контурами місцевостей на ландшафтній карті (рис. 1). Із порівняння цих карт видно, що геоекологічні зони і смуги відповідають контурам ландшафтів та ландшафтних місцевостей на картосхемі геоекологічного районування (рис. 2, 3).

Висновки. Долини Дністра та його допливів (приток) в межах заплави та низьких надзаплавних терас знаходяться в складному екологічному стані, а більш високі поверхні терас «несуть» незначне забруднення від місцевих джерел і знаходяться у напруженому екологічному стані.

Відчувається також вплив регіонального, а можливо, і транскордонного переносів. Задовільний стан спостерігається на схилах долин, а нормальний лише на горбогірних хвилястих рівнинах, що розділяють долини рр. Свірж, Гнила Липа, Нараївка.

На екологічну картосхему винесені порушення геологічного середовища, як природні (неотектонічні розломи, підняття та опускання земної кори, які були активізовані в неоген-четвертинний час і які можуть провокувати землетруси, а також розвиток карстових процесів), так і техногенні (кар'єри з видобутку корисних копалин), а також порушення геоморфосфери (рельєфу) зсувами, бічною та лінійною ерозією, суфозією та ін. При цьому порушення рельєфу в основному є природними, але часто вони підсилені надмірною господарською діяльністю людини.

Сукупність усіх виявлених контурів геоекологічних станів основних компонентів довкілля дозволило провести геоекологічне районування на ландшафтній основі (рис. 3).

Згідно з ландшафтним та фізико-географічним районуванням О.М. Маринича та П.Г. Шищенка [5], досліджуваний район є частиною Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни, зони широколистяних лісів, Західно-Українського ландшафтного краю та Західно-Подільської ландшафтної області. У межах цієї області розвинуті ландшафти Гологор, Опілля та долини Дністра з рядом ландшафтних місцевостей (рис. 1).

З екологічної картосхеми (рис. 2) видно, що кожен компонент довкілля несе на собі те чи інше забруднення важкими металами, нафтопродуктами, пестицидами, радіонуклідами. Тобто ландшафтні місцевості разом з відповідним техногенним навантаженням утворюють

геоекологічні смуги, що відповідають ландшафтним місцевостям. Відповідно на досліджуваній нами території ми виділяємо кілька додатних і від'ємних геоекологічних смуг, які відповідають різним типам ландшафтних місцевостей. На їх фоні виділяються також геоекологічні ареали та геоекологічні вогнища (рис. 3).

Отже, запропоновані картосхеми (рис. 1-3) свідчать про те, що просторовий розподіл геоекологічних структур з різним екологічним станом вимагає розробити для них індивідуальні заходи з оптимізації та покращення стану довкілля. А для цього необхідно організувати екологічний моніторинг, систему якого ми розробили у вигляді проектних профілів і геоекологічних полігонів (рис. 3).

Список використаної літератури

1. Адаменко О.М. Конструктивна екологія: Наш майбутній дім – Екоєвропа. Роман життя, науки і кохання в 4-х томах / О.М. Адаменко – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2007. – Том 4. – 2007. – С. 189-282.
2. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект / В.М. Гуцуляк. - Чернівці: Рута, 2001. – 272с.
3. Зорін Д.О. Еколого-геохімічна оцінка Дністровського каньйону як регіонального коридору національної екологічної мережі України : автореф. дис. на здоб. наук. ступ. кандидата геологічних наук: спец. 21.06.01 – екологічна безпека / Д.О. Зорін. – Івано-Франківськ, 2008. – 19 с.
4. Міщенко Л.В. Геоекологічне районування. Наукова монографія за ред. О.М.Адаменка / Л.В. Міщенко: Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – 408 с.
5. Національний атлас України. – Київ: ДНВЦ «Картографія», 2007. – 440 с., 875 іл.
6. Радловська К.О. Дослідження екологічного стану ґрунтів Рогатинського Опілля / К.Радловська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, № 2(6), 2012. – С. 81-84.
7. Радловська К.О. Геохімічні особливості ґрунтового покриву на території Рогатинського району Івано-Франківської області. / К.Радловська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, № 1 (7), 2013. – С. 48-52.

Стаття надійшла до редакції 20.03.13 українською мовою

© Е.А. Радловская

ЛАНДШАФТНАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КАРТОСХЕМЫ РОГАТИНСКОГО ОПОЛЬЯ

Полевое опробование почвенного покрова и анализ проб почв на тяжелые металлы Hg, As, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr позволило составить базы данных и поэлементные техногеохимические карты, а их совместный анализ с ландшафтной картой стал основой для построения экологической и геоэкологического районирования картосхем.

© K.O. Radlovska

**LANDSCAPE, ECOLOGICAL AND GEO-ECOLOGICAL ZONING MAPS
OF ROHATYN OPILLYA**

As a result of exploring is compiled database and Partial technogeochemical maps and their analysis is compatible with the terrain map that was the basis for building environmental and geo-ecological zoning maps according to field testing of soil and atomic adsorption analysis of soil samples for heavy metals Hg, As, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr.

Розділ 2. Основи природокористування

УДК 532.546.626

© О.С. Волошкіна, д-р техн. наук, професор;
Ю.О. Березницька, асистент

Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ НА ФОРМУВАННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО ПОТОКУ В СХИЛАХ РЕГУЛЮЮЧИХ ВОДОСХОВИЩ

У роботі показано вплив процесів підтоплення на формування фільтраційного потоку в схилах регулюючих водосховищ. Здійснено аналітичне рішення задачі нестационарної фільтрації до регулюючого водосховища при різкому падінні рівня води та складній геологічній будові водоносної товщі.

Ключові слова: підтоплення територій, фільтраційний потік, схил регулюючого водосховища

Розвиток екзогенних геологічних процесів у паводконебезпечних регіонах безпосередньо залежить від величини стоку визначеної Р % забезпеченості та відповідного рівня підтоплення території, а також від призначення системи природоохоронних заходів. До останніх слід віднести також швидкість регулювання рівня води у водосховищах, які накопичують стік повені. Тут проблема стійкості відкосів набуває надзвичайної актуальності. Чітке врахування формування фільтраційного потоку в тілі схилу при управлінні рівнем води у водосховищі в значній мірі обумовлює його стійкість.

Найбільш небезпечним випадком сталості укосу є найбільш високе стояння депресійної кривої у випадку швидкого зниження рівня води у водосховищі, коли ґрунт ще не встиг «віддати» воду, якою він насичений. У цьому випадку фільтраційні лінії токів направлені до укосу, а розрахунок ведеться з урахуванням гідродинамічних сил, які є змінними у часі. Питанням визначення формування потоку фільтраційних вод у часі при швидкому зниженні води у регулюючій водоймі в різний час займалося багато відомих вчених [1-7].

Аналітичні рішення краєвої нестационарної задачі фільтрації наведені в наукових роботах для випадків однорідної та двохшарової водоносних товщ.

Для побудови кривої депресії до укосу пропонується залежність у випадку одношарової будови водоносної товщі [3]:

$$y(x,t) = h_0 - \frac{2H_0^2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} E_n \left(\alpha^{-\alpha \cdot C \cdot th \alpha \cdot \frac{t \cdot k}{\mu \cdot h_0}} - 1 \right) \cdot \sin \frac{x}{H_0}, \quad (1)$$

у випадку двошарової водоносної товщі:

$$y(x,t) = h_0 - \frac{2H_0^2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n \cdot e^{-\alpha \cdot C \cdot th \frac{t \cdot k_1}{\mu \cdot h_0}} + B_n e^{-Q \frac{t \cdot k_1}{\mu \cdot h_0}} + C_n \right) \cdot \sin \frac{x}{H_0}. \quad (2)$$

У формулах (1) і (2):

H_0 - ордината горизонтальної площини, якою приблизно замінюється поверхня ґрунтових вод у початковий момент часу; параметр $C = 1 - \frac{\varepsilon}{K}$, де ε - інфільтраційне живлення на вільній поверхні, μ - коефіцієнт водовіддачі ґрунту, k і k_1 - коефіцієнти фільтрації однорідного ґрунту та верхнього шару двошарової схеми відповідно.

Параметри E_n , A_n , B_n , C_n та Q залежать від області фільтрації, глибини води в каналі, співвідношення коефіцієнтів фільтрації.

Як правило, подібні схеми розглядалися у наближеній постановці, яка ґрунтується на методі фільтраційних опорів. У більш чіткій постановці рішення подібних задач зводилося до розгляду вихідних рівнянь та граничних умов, які аналогічні умовам сталої фільтрації, але при додатковій нелінійній умові на вільній поверхні, яка описує характер її переміщення у часі [3, 5].

У паводконебезпечних регіонах має місце також розповсюдження тришарової будови водоносної товщі, коли горизонт, який складено з добре проникливих порід і який розташовано на слабо проникливих відкладеннях, перекривається зверху глинистими відкладеннями.

Мета даної роботи - дослідити формування рівня ґрунтових вод у випадку нестаціонарної фільтрації при швидкому зниженні рівня води в б'єфі перед укосом при різній геологічній будові водоносної товщі.

У даній роботі наводиться аналітичне рішення задачі нестаціонарної фільтрації в тілі схилу регулюючого водосховища при трьохшаровій будові водоносної товщі та наведена порівняльна характеристика з існуючими аналітичними рішеннями для більш спрощеної геологічної будови місцевості (при осередненні фільтраційних характеристик).

При цьому враховуємо, як і при рішенні стаціонарної задачі, водоупір, а також розподіл шарів ґрунту горизонтальними та те, що крива депресії ґрунтового потоку за весь час руху знаходиться тільки у верхньому шарі ґрунту. Схема задачі представлена на рис. 1.

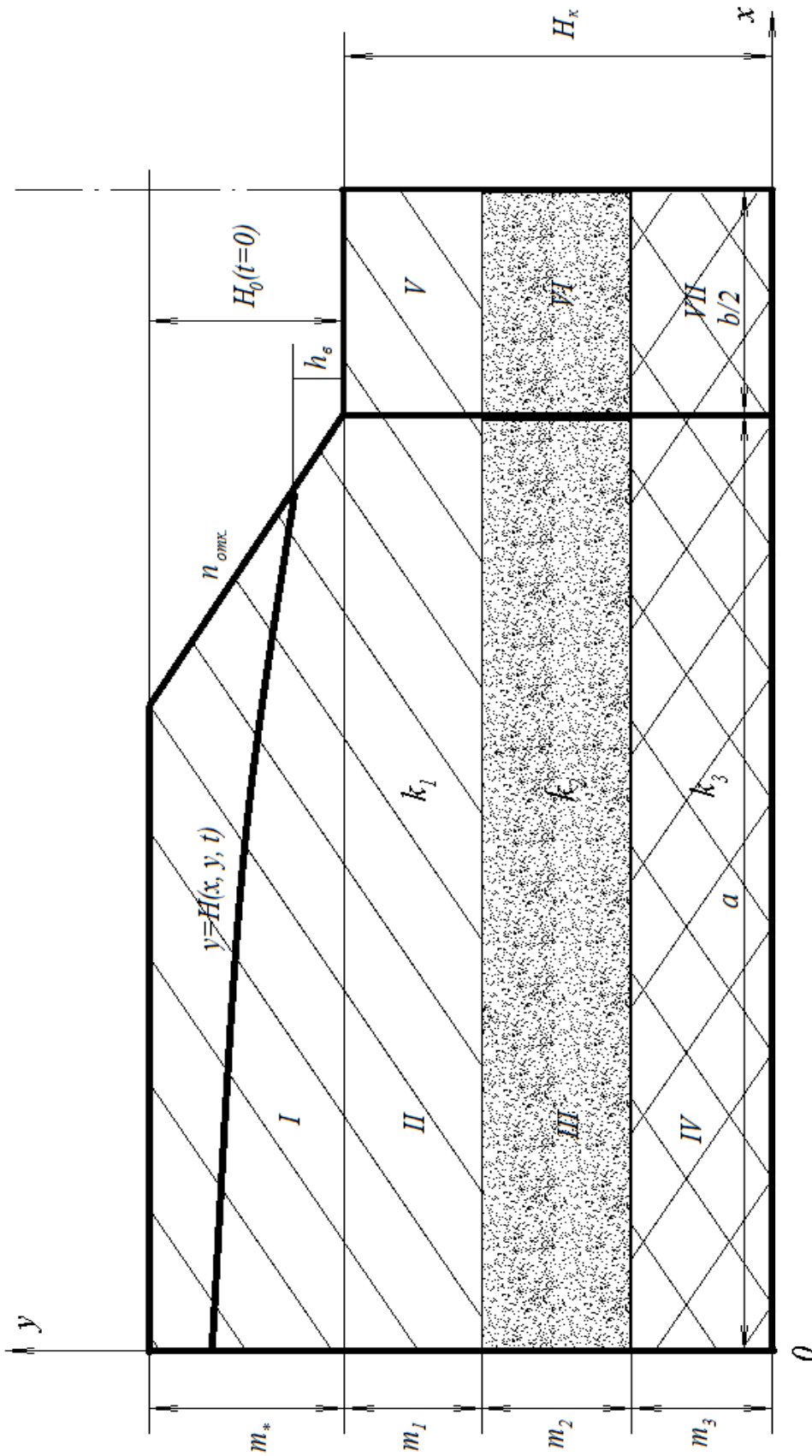


Рис. 1 — Схема формування нестационарного притоку до відкритої дрени в умовах тришарової будови водоносної товщі

Даний фільтраційний процес описується рівнянням еліптичного типу – рівнянням Лапласа:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad (3)$$

де $\varphi(x, y, t)$ – потенціали швидкості фільтраційного потоку при наступних початкових та граничних умовах:

- на вільній поверхні (лінеаризована умова)

$$\left(\mu \frac{\partial \varphi}{\partial t} + (k - \varepsilon) \frac{\partial \varphi}{\partial y} - k_1 \varepsilon \right) \Big|_{y=H_0} = 0, \quad (4)$$

де k_1 - коефіцієнт фільтрації верхнього шару ґрунту, м/добу;

μ – коефіцієнт водовіддачі ґрунту;

ε – інфільтраційне живлення ґрунтових вод на вільну поверхню.

На границях області фільтрації початкові умови будуть наступними:

початкова умова $\varphi(x, y, 0) = -k_1 H_0$; $\varphi|_{x=a-n_{\text{от}}} = -k_1 y$;

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=a+\frac{b}{2}} = 0;$$

$$\left(\frac{\partial H_i}{\partial y} - \frac{\partial H_{i+1}}{\partial y} \right) \Big|_{\substack{y=m_1+m_2+m_3 \\ y=m_2+m_3 \\ y=m_3, i=1,2,3,4}} = 0; \quad \left(\frac{\partial H_i}{\partial x} - \frac{\partial H_{i+1}}{\partial x} \right) \Big|_{x=a} = 0, \quad i=2, 3, 4, 5, 6, 7;$$

$$(H_i - H_{i+1}) \Big|_{x=a} = 0; \quad (H_i - H_{i+1}) \Big|_{\substack{y=m_1+m_2 \\ y=m_1+m_2+m_3}} = 0.$$

При даній постановці задачі вважаємо, що умова $a > 2(m_1 + m_2 + m_3)$ виконується, що дає нам підставу застосувати аналітичне рішення [7].

У крайових умовах (5):

H_0 – ордината горизонтальної площини, на яку приблизно змінюється поверхня ґрунтових вод в початковий момент часу, м;

a – відстань від границі області фільтрації до урізу дренажної водойми, м;

b – ширина відкритої дрени, м.

Оскільки аналітичне рішення передбачає лінеаризовану умову на вільній поверхні (не враховувалася нелінійна складова, що повністю відповідає умовам для задачі з малим похи-

лом депресійної кривої), поблизу виходу фільтраційного потоку на вертикальний укіс розрахунки, отримані за формулами, дають дещо завищені результати.

Цілком зрозуміло, що у випадку природного або штучного схилу похибка у розрахунку кривої депресії буде значно меншою та її можливо врахувати коефіцієнтом ξ . У роботі [9] значення коефіцієнта ξ рекомендується приймати наступні:

$$\xi=0,80-0,85 \text{ при } n=1 \dots 1,75;$$

$$\xi=0,90-0,95 \text{ при } n \leq 2,0.$$

У випадку тришарової будови ґрунту до загальної постановки задачі додається умова переходу потенціалу φ та його перших похідних через границю розділу шарів.

При аналітичному рішенні застосовуємо метод інтегральних перетворень.

Розіб'ємо область фільтрації на 7 фрагментів, як показано на рис. 1, та запишемо задачу для кожного фрагменту, попередньо здійснивши перехід в даній задачі до напору, як вишукваної функції координат і часу, відповідно до відомої залежності:

$$\varphi(x, y, t) = -kH(x, y, t). \quad (6)$$

З урахуванням наступних перетворень:

$$\begin{aligned} H^I &= \frac{H}{H_0}; \quad x^I = \frac{x}{H_0}; \quad y^I = \frac{y}{H_0}; \quad t^I = \frac{kt}{\mu H_0}; \quad W = \frac{\varepsilon}{k}; \\ c &= 1-W; \quad a^I = \frac{a}{H_0}; \quad m^I = \frac{m}{H_0}, \quad b^I = \frac{b}{H_0} \end{aligned} \quad (7)$$

отримуємо задачу (1) у безрозмірному вигляді:

$$\Delta H_i = 0, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,$$

де i – номер фрагменту I, II, III, IV, V, VI, VII відповідно та початкові і крайові умови:

$$\left(\frac{\partial H_i^I}{\partial t^I} + c \frac{\partial H_i^I}{\partial y^I} + W \right) \Big|_{y^I=1} = 0$$
$$\frac{\partial H_i^I}{\partial y^I} \Big|_{y^I=0} = 0; \quad \frac{\partial H_i^I}{\partial x^I} \Big|_{x^I=0} = 0; \quad \frac{\partial H_i^I}{\partial x^I} \Big|_{x^I=a+b/2} = 0; \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$\left(\frac{\partial H_i^l}{\partial y} - \frac{\partial H_{i+1}^l}{\partial y} \right) \Bigg|_{\substack{y^l=m_1 \\ y^l=m_1+m_2 \\ y^l=m_1+m_2+m_3}} = 0, \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \quad (8)$$

$$(H_i^l - H_{i+1}^l) \Bigg|_{\substack{y^l=m_1 \\ y^l=m_1+m_2 \\ y^l=m_1+m_2+m_3}} = 0, \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$H_1^l \Big|_{x^l=a^l-h_0 n^l} = y^l$$

$$H_1^l \Big|_{x^l=a^l+b^l/2} = H_k^l, \quad i=5, 6, 7$$

$$\left(\frac{\partial H_i^l}{\partial x} - \frac{\partial H_{i+1}^l}{\partial x} \right) \Bigg|_{x=a^l} = 0, \quad i=2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$(H_i^l - H_{i+1}^l) \Big|_{x=a^l} = 0, \quad i=2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$H^l(x, 1, 0) = 1.$$

Застосовуючи перетворення Лапласа у часі t^l [12]:

$$H^{*l}(x^l, y^l, S) = \int_0^{\infty} H^l(x^l, y^l, t^l)^m e^{-st^l} dt^l, \quad (9)$$

умова задачі (4)-(5) запишеться наступним чином:

$$\Delta H_i^{*l} = 0, \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \quad (10)$$

$$\left(C \frac{\partial H_1^{*l}}{\partial y^l} + S H_1^{*l} \right) \Bigg|_{y^l=1} = 1 - \frac{W}{S} \quad (11)$$

$$\frac{\partial H_i^{*l}}{\partial y^l} \Bigg|_{y^l=0} = 0, \quad i=4, 7; \quad \frac{\partial H_i^{*l}}{\partial x^l} \Bigg|_{\substack{x^l=0 \\ x^l=a^l+b^l/2}} = 0, \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \quad (12)$$

$$H_i^{*l}(x_1^l, 1, 0) = 1 \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \quad (13)$$

$$H_i^{*l} \Big|_{x^l=a^*} = \frac{y^l}{S}; \quad H_i^{*l} \Big|_{x^l=a^*} = \frac{H_k}{S} \quad i=5, 6, 7; \quad (14)$$

$$\left(\frac{\partial H_i^{*l}}{\partial y^l} - \frac{\partial H_{i+1}^{*l}}{\partial y^l} \right) \Bigg|_{\substack{y^l=m_1 \\ y^l=m_1+m_2 \\ y^l=m_1+m_2+m_3}} = 0 \quad i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; \quad \left(\frac{\partial H_i^{*l}}{\partial x^l} - \frac{\partial H_{i+1}^{*l}}{\partial x^l} \right) \Bigg|_{y=a^l} = 0 \quad i=2-7;$$

$$\left. (H_i^{*|} - H_{i+1}^{*|}) \right|_{\substack{y^|=m_1^| \\ y^|=m_1^|+m_2^| \\ y^|=m_1^|+m_2^|+m_3^| \\ x^|=a^|}} = 0 \quad i = 1-7; \quad (H_i^{*|} - H_{i+1}^{*|})_{x^|=a^|} = 0 \quad i = 1-7$$

Розглянемо рішення фільтрації у фрагментах I – IV.

Між фрагментами II, III, IV і V, VI, VII введемо граничні умови першого роду $f^|(y)$, $\varphi^|(y)$ та $\psi^|(y)$ і робимо припущення, що вони не залежать від часу.

Після застосування до крайової задачі (10) - (12) синус-перетворення Фур'є по просторовій координаті $x^|$

$$\overline{H}_i^{*|}(y^|, S) = \int_0^{a^|} H_i^{*|}(x^|, y^|, S) \sin \alpha_n x^| dx^| \quad (15)$$

де α_n – корінь трансцендентного рівняння

$$\cos \alpha_n a^| = 0; \quad \alpha_n = \frac{(2n-1)\pi}{2a^|}, \quad n = 1, 2 \dots \quad (16)$$

Отримаємо в області зображення систему звичайних диференціальних рівнянь 2-го порядку з постійними коефіцієнтами

$$\frac{d^2 \overline{H}_1^{*|}}{d(y^|)^2} - \alpha_n^2 \overline{H}_1^{*|} + \frac{y^|}{S} \alpha_n = 0;$$

$$\frac{d^2 \overline{H}_2^{*|}}{d(y^|)^2} - \alpha_n^2 \overline{H}_2^{*|} + \frac{f^|(y)^|}{S} \alpha_n = 0;$$

$$\frac{d^2 \overline{H}_3^{*|}}{d(y^|)^2} - \alpha_n^2 \overline{H}_3^{*|} + \frac{\psi^|(y)^|}{S} \alpha_n = 0;$$

$$\frac{d^2 \overline{H}_4^{*|}}{d(y^|)^2} - \alpha_n^2 \overline{H}_4^{*|} + \frac{\varphi^|(y)^|}{S} \alpha_n = 0 \quad (17)$$

$$\left(C \frac{d\overline{H}_1^{*|}}{dy^|} - S\overline{H}_1^{*|} \right) \Big|_{y^|=1} = \frac{1}{\alpha_n} \left(1 - \frac{W}{S} \right) \quad (18)$$

$$\frac{d\overline{H}_4^{*|}}{dy^|} \Big|_{y^|=0} = 0 \quad (19)$$

$$\left(\frac{d\overline{H}_i^{*|}}{dy^|} - \frac{d\overline{H}_{i+1}^{*|}}{dy^|} \right) \Big|_{\substack{y^|=m_1^| \\ y^|=m_1^|+m_2^| \\ y^|=m_1^|+m_2^|+m_3^|}} = 0 \quad (20)$$

$$\left(\overline{H_i^*} - \overline{H_{i+1}^*} \right) \Big|_{y^l=m_1}^{y^l=m_1+m_2+m_3} = 0 \quad (21)$$

Рішення рівнянь (17) - (21) має вигляд:

$$\overline{H_1^*} = C_1 ch \alpha_n y^l + D_1 sh \alpha_n y^l + \frac{y^l}{\alpha_n S} \quad (22)$$

$$\overline{H_2^*} = C_2 ch \alpha_n y^l + D_2 sh \alpha_n y^l + \frac{1}{\alpha_n S} \left[ch \alpha_n y^l \times \int_0^{y_1} f(y') sh \alpha_n y' dy - sh \alpha_n y^l \int_0^{y_1} f(y') ch \alpha_n y' dy \right] \quad (23)$$

$$\overline{H_3^*} = C_3 ch \alpha_n y^l + D_3 sh \alpha_n y^l + \frac{1}{\alpha_n S} \left[ch \alpha_n y^l \times \int_0^{y_1} \varphi(y') sh \alpha_n y' dy - sh \alpha_n y^l \int_0^{y_1} \varphi(y') ch \alpha_n y' dy \right] \quad (24)$$

$$\overline{H_4^*} = C_4 ch \alpha_n y^l + D_4 sh \alpha_n y^l + \frac{1}{\alpha_n S} \left[ch \alpha_n y^l \times \int_0^{y_1} \psi(y') sh \alpha_n y' dy - sh \alpha_n y^l \int_0^{y_1} \psi(y') ch \alpha_n y' dy \right] \quad (25)$$

Граничні умови $f^l(y)$, $\varphi^l(y)$ та $\psi^l(y)$ першого роду знаходяться за допомогою графіків, поданих в роботі [13], за умови тришарової будови водоносної товщі.

Для того щоб знайти рівняння кривої депресії, достатньо визначити значення коефіцієнтів C_1 та D_1 шляхом рішення системи з восьми рівнянь з вісьмома невідомими.

Роблячи зворотне синус-перетворення Фур'є:

$$H_i^*(x^l, y^l, S) = \frac{2}{a^l} \sum_{n=1}^{\infty} \overline{H_i^*}(y^l, S) \sin \alpha_n x^l, \quad (26)$$

знаходимо розподіл напору в області фільтрації I в зображенні Лапласа:

$$H_1^*(x^l, y^l, S) = \frac{2}{a^l} \sum (C_1 ch \alpha_n y^l + D_1 sh \alpha_n y^l + \frac{y^l}{\alpha_n S}) \bullet \sin \alpha_n x^l \quad (27)$$

Зворотне перетворення Лапласа у часі для рівняння (27) дасть рішення вільної поверхні у часі:

$$y(x, t) = H_0 - \frac{2H_0^2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} E_n \left(\alpha^{-\alpha \bullet (1 - \frac{\varepsilon}{k_1} \bullet th \alpha_n \bullet \frac{t \bullet k_1}{\mu \bullet H_0} - 1)} \bullet \overline{R} \bullet \sin \alpha_n \frac{x}{H_0} \right) \quad (28)$$

Комплексний параметр \bar{R} залежить від співвідношення коефіцієнтів фільтрації та потужності шарів ґрунту, а також геометричних параметрів схем фільтрації та знаходиться за допомогою номограм, побудованих для різних співвідношень даних параметрів.

Отримані залежності формування фільтраційного потоку в схилах регулюючих водосховищ дозволять більш обґрунтовано прогнозувати їх сталість в залежності від рівня наповнення водосховища. Доцільними є подальші дослідження щодо порівняння даних служби Держгідромету в роки проходження найбільш катастрофічних повеней в Закарпатському регіоні (рівень затоплення території) та даних розвитку екзогенних геологічних процесів після проходження повеней певної забезпеченості для апробації отриманих формул та призначення на цій основі природоохоронних заходів.

Список використаної літератури

1. Аравин В.И., Нулиров С.Н. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. – М.: Госстройиздат, 1955. – 291 с.
2. Канарский В.Н. Устойчивость и прочность откосов земляных сооружений. – М.: Энергоиздат, 1982. – 113 с.
3. Олейник А.Я., Волошкина Е.С. Расчет нестационарной фильтрации к откосу несовершенного канала с учетом инфильтрации на свободной поверхности. – Доклады АН УССР, 1985, № 5, с. 43-45.
4. Хубларян М.Г., Юшманова О.О. Приближенное аналитическое решение задачи нестационарной инфильтрации. – Водные ресурсы, 1982, № 1, с. 107-112.
5. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. – М.: Изд-во Московского университета, 1979. – 368 с.
6. В.М. Шестаков. Некоторые вопросы моделирования неустановившейся фильтрации. Вопросы фильтрационных расчетов гидротехнических сооружений. Москва, 1956 г., с. 129-140.
7. Олійник О.Я. Геогідродинаміка дренажа. – К.: Наукова думка, 1981. – 283 с.
8. А.Н. Трофимчук, Ю.И. Калюх, А.С. Глебчук. Математическое моделирование устойчивости склона при подъеме уровня грунтовых вод // Екологія і ресурси, 2008, К.: ІПНБ, № 18, - 51-58 с.
9. Волошкина Е.С. Определение фильтрационных параметров притока к открытым дренажным каналам, работающим в условиях переменного уровня воды в русле // Мелиорация и водное хозяйство. – К., - 1987. – Вып. 66. – с. 67-70
10. Яковлев Є.О., Волошкіна О.С., Копка П.М. Вплив сучасних факторів регіонального підтоплення земель України на формування національних загроз // Екологія і ресурси. 2005, К.: ІПНБ, № 12, - 15-36 с.
11. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 832.
12. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

13. Волошкіна О.С., Березницька Ю.О. Застосування методу фільтраційних опорів при розрахунках рівня ґрунтових вод підтоплених територій 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. – К., 2010. – Вип. 5. – С. 75-83.

Стаття надійшла до редакції 04.03.13 українською мовою

© Е.С. Волошкина, Ю.А. Березницкая
ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПОТОКА В СКЛОНАХ
РЕГУЛИРУЮЩИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В работе показано влияние процессов подтопления на формирование фильтрационного потока в откосах регулирующих водохранилищ. Приведено аналитическое решение задачи нестационарной фильтрации к откосу регулирующего водохранилища при резком падении уровня воды и сложном геологическом строении.

© O.S. Voloshkina, Y.O. Bereznytska
AN INFLUENCE OF PROCESSES OF UNDERFLOODING ON FORMING
OF LAUTER STREAM IN THE HAY-CROPS OF REGULATIVE STORAGE POOLS

The paper introduces an influence of processes of underflooding on forming of lauter stream in the hay-crops of regulative storage pools. It is shown the analytical decision of non-stationary filtration task in the body of regulative storage pool in condition of sharp falling of water level and difficult geological structure.

УДК 581.526.42 (477. 85)

© **В.Д. Солодкий**, д-р біол. наук, професор;
Р.І. Беспалько, канд. біол. наук, доцент, завідувач кафедри;
І.І. Казімір, канд. біол. наук, доцент

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, м. Чернівці

ЕКЗОГЕННІ ГЕОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ БУКОВИНСЬКИХ КАРПАТ ТА ПЕРЕДКАРПАТТЯ

Розглянуто природні та техногенні чинники деградації ґрунтового покриву Буковинських Карпат та Передкарпаття з погляду еколого-лісогосподарських критеріїв. Досліджено причинно-наслідкові зв'язки цих негативних явищ трансформації довкілля. Розроблена класифікація екзогенних геодинамічних процесів регіону.

Ключові слова: екзогенні геодинамічні процеси, деградація ґрунтів

Вступ. Впродовж минулих століть у природно-територіальних комплексах Буковинських Карпат та Передкарпаття відбулися значні кількісні та якісні негативні зміни, що призвели до порушення екологічної рівноваги природних екосистем і утворення діючих та потенційних загроз як людині, так і біотичним об'єктам. Гірські екосистеми, що є резерватами природного біорізноманіття і мають значну господарську цінність, дуже чутливі до будь-якого впливу, що змінює екологічний баланс і спричиняє негативні руйнівні процеси. Територія Буковинських Карпат за фізико-географічними, геоморфологічними, гідрологічними та екологічними характеристиками є єдиною природною системою, збереження якої істотно залежить від стану ґрунтового, а також рослинного покриву – переважно лісів, що вкривають площі водозборів. Понад 90 відсотків територій в горах – це схили. Ерозія ґрунтів, зсуви та селеві потоки є наслідками ненормативного використання гірських територій, що призводить до їх деградації та розвитку негативних процесів гірських районів [2, 15].

Метою статті є дослідження чинників екзогенних геодинамічних процесів Буковинських Карпат та Передкарпаття та їх класифікація за переважним впливом природних і техногенних причин деградації, що дає змогу диференціювати необхідні природоохоронні заходи за видами, обсягами здійснення, термінами і черговістю реалізації тощо.

Об'єкти і методи. Вивчення кризових, екстремальних ситуацій проведено на базових річкових, балкових водозборах, а також трансектах, закладених у місцях прояву ерозійної дії паводкових вод у напрямках від контролю до місць найбільшого розвитку негативного прояву екзогенних геодинамічних процесів. Застосовано експедиційні, лабораторно-аналітичні, економіко-статистичні та методи системного аналізу.

Оцінку загроз природним екосистемам проводили згідно з вимогами національної концепції екологічного нормування антропогенних навантажень на природне довкілля [9]. При розробці пропозицій щодо збалансованого природокористування враховували міжнародні та національні нормативи охорони довкілля, експертні пропозиції стосовно переходу в Україні до сталого (збалансованого) розвитку, нормативи та стратегії розвитку лісової галузі України, експертно-наукові рекомендації щодо Карпатського регіону, а також базові основи національної концепції раціонального природокористування та охорони ландшафтів [1, 6, 8, 11, 12, 13, 17] за такими складовими: а) соціально-економічна функція, яку виконує ландшафт, тривалість і стійкість (або надійність) виконання даним ландшафтом (насадженням) цих функцій; б) співвідношення цілеспрямованих та нецілеспрямованих змін територій; в) ступінь зміни порівняно з вихідним станом; г) співвідношення процесів саморегуляції (тобто природних територій) та управління (тобто антропогенно порушених територій).

Ступінь порушеності ґрунтового пориву земель лісгосподарського призначення визначали за О.Ф.Поляковим [10]: 0 – поверхня ґрунту не порушена; 1 – підстилка зрихлена, ґрунт не пошкоджено; 2 – підстилка знесена, частково пошкоджено гумусовий горизонт ґрунту; пошкодження плоскісне, локальне; 3 – ділянки з широкими стежками і дорогами, а також лінійні пошкодження типу первинних волоків (волоки від трелювання одного хлиста). Ця категорія, як і дві наступні, розділялася на три підкатегорії за глибиною пошкодження (змитості ґрунту лісосіки): а) до 5 см (слабкозмиті ділянки), б) до 10 см (середньозмиті ділянки), в) понад 10 см (сильнозмиті ділянки); 4 – лінійно-плоскісне пошкодження типу вторинних волоків (пошкодження від трелювання кількох хлестів); 5 – наноси дрібнозему, листя і каміння в результаті трелювання.

Результати досліджень та їх обговорення. У досліджуваному регіоні в переважній більшості лісонасаджень поясу смерекових лісів з домішкою бука і ялиці та поясу чистих смерекових лісів матеріалами лісовпорядкування запроєктовано здійснення суцільно-лісосічних рубок за традиційними технологічними схемами із застосуванням тракторного трелювання деревини, що призводить до деградації ґрунтового покриву [4].

Ґрунти Буковинських Карпат представлені в основному бурими гірсько-лісовими, дерново-буроземними та буроземно-підзолистими типами. Бурі гірсько-лісові ґрунти найпоширеніші, залягають на заліснених схилах, вкритих добре дренованими кислими материнськими породами – делювієм флішу. Дерново-буроземні ґрунти утворюються під лучно-трав'янистою рослинністю низькогірних полонин. Буроземно-підзолисті ґрунти мають чіткіше диференційований вертикальний профіль і сформувались під змішаними лісами в умовах надмірного зволоження. Вони поширені, зокрема, на підгірних терасах Черемошу і при зменшенні кольматуючої ролі рослинного покриву піддаються водній ерозії [6].

Передгірські ґрунти представлені відмінами дерново-підзолистих, дернових та різною мірою опідзолених сірих лісових ґрунтів. Займають підвищені вододільно-схилкові місцевості та високі тераси головних річок. Сформувались на давньоалювіальних суглинках і глинистому елювії корінних безкарбонатних глин в умовах вологого помірно-теплого клімату під буковими та ялицево-буковими лісами. Слабкий дренаж призводить до поширення процесів

оглеєння, спровокованого наявністю щільного ілювіального горизонту та заміною лісової рослинності на лучну. Дерново-підзолисті ґрунти переважно легкосуглинисті, піддаються ерозії та зсувам [6]. Таким чином, ґрунтовий потенціал району дослідження є досить багатим, проте вимагає вжиття заходів зі збереження родючості, недопущення порушення рослинного покриву, дотримання нормативів землекористування тощо.

В останні роки головними причинами деградації ґрунтового покриву Буковинських Карпат та Передкарпаття стали зсуви, селі та ерозія. Слід зазначити, що ці небезпечні схилі процеси активізуються під дією як природних, так і антропогенних чинників. До природних чинників відносяться: метеорологічні (головним чином атмосферні опади), гідрологічні (витрати води та рівні поверхневих водостоків, ерозійна та абразивна дія поверхневих вод), гідрогеологічні (рівні та властивості підземних вод), сейсмічні (землетруси) та ін. До техногенних чинників небезпечного руху ґрунтових мас на схилах в першу чергу слід віднести вплив господарської діяльності, що може проявлятися безпосередньо чи опосередковано. Безпосередній вплив на деградацію ґрунтового покриву Буковинських Карпат та Передкарпаття пов'язаний з навантаженням і підрізанням схилів під час будівництва доріг, ліній електропередач, трас продуктопроводів тощо. Опосередкований вплив відбувається через зниження природної дренажної здатності зсувонебезпечних територій, розорювання схилів, вирубування лісів з порушенням природоохоронних нормативів і т.д.

За переважним впливом природних і техногенних чинників деградації ґрунтового покриву можна виділити три типи територій Буковинських Карпат та Передкарпаття, що піддаються екзогенним геологічним процесам:

1. Території зі змінами природних ландшафтів, де деградація ґрунтового покриву активізується за природними ритмами (рис. 1, 2);
2. Території, де господарська діяльність посилює дію природних чинників деградації ґрунтового покриву (рис. 3, 4);
3. Території з переважно техногенними чинниками виникнення та активізації деградації ґрунтового покриву (рис. 5, 6).

Нами встановлено, що в Буковинських Карпатах та Передкарпатті негативний вплив природних та техногенних чинників на зсувонебезпечних територіях можна максимально зменшити за рахунок здійснення екологічно та економічно обґрунтованих протизсувних та протиерозійних заходів. Питання про заходи щодо боротьби з рухом ґрунтових мас на схилах, збільшення їх стійкості слід вирішувати на підставі ретельного вивчення всіх умов виникнення зсувів та ерозії на конкретному схилі. Це, насамперед, регулювання порядку ведення господарської діяльності, інженерна підготовка території до господарського освоєння, механічне утримання підрізанних схилів. Для запобігання надлишковому зволоженню схилів слід не допускати вирубування дерев і чагарників, висаджувати рослини, що формують потужну кореневу систему, забороняти розорювання схилів. Одним із розповсюджених методів боротьби зі зсувами та ерозією ґрунтів є впровадження дренажних і водовідвідних заходів. Поверхневі води відводяться спеціальними канавами з швидкотоками, підземні води – дре-

нажними системами. Схили закріплюються також залізобетонними шпильками та відсіпкою контрбанкетів тощо [15].



Рис. 1 — Панорама структурно-пластинчатого зсуву – с. Черногузи Вижницького району (липень 2008 р.)



Рис. 2 — Панорама структурно-пластинчатого прируслового зсуву – ДП «Путильське лісове господарство» (серпень 2010 р.)

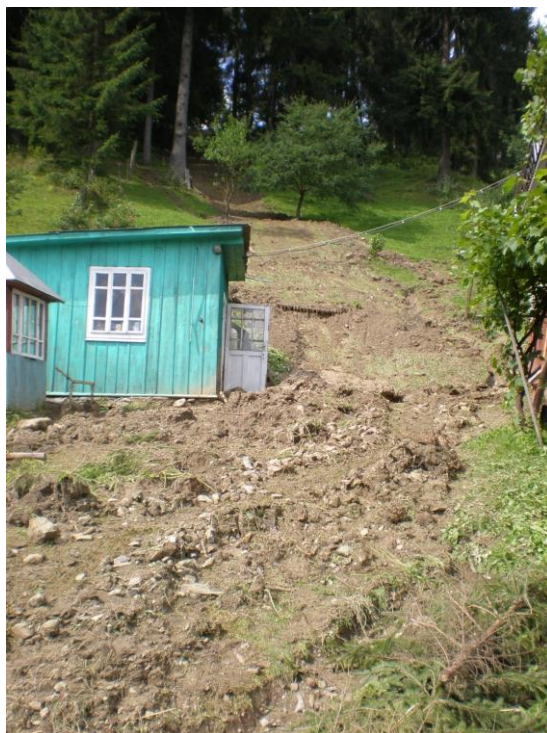
Активізації схилових ерозійних та зсувних процесів сприяли катастрофічні повені, що відбулися в Карпатському регіоні у 2008, 2010 роках (рис. 1 — 4). Вони були зумовлені тим, що глобальні зміни клімату та природні умови Карпат спричиняють випадання інтенсивних атмосферних опадів, а антропогенно порушений лісовий покрив гір не забезпечує захисту водозборів від руйнівної дії води. Активізації негативних схилових процесів можуть сприяти й часті малі землетруси, що відбуваються в досліджуваному регіоні.



Рис. 3 — Зсув пластичного типу площею 7,6 га (х. Фошки Путильського району, липень 2008 р.)

Згідно з висновками міжгалузевої групи експертів Мінприроди, Міністерства надзвичайних ситуацій, Мінекономіки, Держводагенції, Держлісагенції та Національної академії наук України згадані катастрофічні стихійні явища 2008 та 2010 років у Карпатському регіоні були зумовлені одночасною дією природних чинників (вологі літо й осінь, надмірне насичення ґрунту вологою, зменшення водотранспіраційної здатності рослинного покриву, потужні зливи) та посилені факторами антропогенного впливу. Проте цей збіг негативних природних чинників ще не був максимально небезпечним.

Одночасно визнано, що серед причин, що сприяють активізації зсувних і селевих потоків, розвитку ерозії ґрунтів у горах, поряд з надмірними опадами є надмірна вирубка лісів та створення некорінних типів насаджень (особливо монокультур смеречників), відсутність належного берегоукріплення, ліквідація колись існуючих гребель, надмірний забір гравію та каменю, захарашення порубними рештками гірських річок та потоків тощо. Як одна з антропогенних причин паводків у висновках міжгалузевої групи експертів виділяється також те, що «транспортування деревини при лісорозробках продовжує проводитись із використанням застарілих технологій, що спричиняє ряд негативних явищ — ерозію ґрунту, пошкодження підросту. В результаті все це призводить до зменшення водорегулювання та забруднення річок» [7].



*Рис. 4 — Формування селевого потоку в Буковинських Карпатах
(Карпатський держспецілісгосп АПК)*

Нині, в питаннях попередження схилонебезпечних процесів у гірських умовах, більшість дослідників віддають перевагу водорегулювальній функції лісів та її підтримці шляхом створення оптимальної лісистості [8]. Але лісистість території у традиційному розумінні не завжди є універсальним орієнтиром щодо покращення стану антропогенно порушених ландшафтів. Це обумовлено тим, що в екосистемі ландшафту, окрім лісів, певне значення мають й інші природні екосистеми, сукупний ефект стану ландшафту є результатом складної взаємодії цих екосистем. А надмірна відірваність від властивостей екосистеми у разі вузького методичного, зазвичай відомчого підходу до визначення оптимальної лісистості, іноді може зумовлювати надання неадекватного значення цьому показникові.

Слід наголосити, що під час лісорозробок велике значення має збереження верхніх горизонтів ґрунтів земель лісогосподарського призначення. Адже вони, маючи добру структуру, високу водостійкість, велику вологомісткість і водопроникність, попереджують поверхневий стік і захищають нижні ґрунтові горизонти і пухкі продукти вивітрювання корінних порід від змиву та розмиву.

Нами встановлено, що в процесі трелювання деревини з гір гусеничними тракторами під час суцільних рубок руйнується і зноситься на 40-60 відсотків лісова підстилка і верхній шар ґрунту, відкриваються малостійкі нижні горизонти, які легко піддаються водній ерозії (рис. 5). Лісові культури, що створюватимуться на такому безструктурному ґрунті, будуть важко приживатися і досягнуть стадії змикання тільки через 15-20 років, і весь цей період на вирубках будуть продовжуватися ерозійні процеси [15].

Тобто еродований ґрунт гірських схилів не забезпечує створення високопродуктивних деревостанів, які в майбутньому виконуватимуть роль потужних насосів, перекачуючи вели-

чезну кількість вологи з ґрунту в атмосферу, відіграючи неоціненну роль у зменшенні поверхневого стоку і перетворенню його в підґрунтовий і, в кінцевому підсумку, попереджуючи розвиток ерозійних процесів.



Рис. 5 — Ерозійно-небезпечна територія, що сформувалася внаслідок трелювання деревини гусеничними тракторами (ДП «Путильське лісове господарство»)

Внаслідок тракторного трелювання деревини ерозії піддавалося 42-61 % площі лісосіки, порушувалися умови, необхідні для успішного збереження цінних гірських ландшафтів (табл. 1). Причому ступінь ерозійного пошкодження ґрунтів збільшувався від слабкої до сильної підкатегорії змитості по мірі зростання кута нахилу лісосіки та кількості заготовленої деревини. При трелюванні стовбури зносили найбільш пухкі і родючі верхні горизонти, руйнували структуру і викликали ущільнення нижніх шарів ґрунту. Значна або цілковита втрата верхнього горизонту і ущільнення нижніх шарів сприяло формуванню стоку і розвитку змиву дрібнозему. Крім того, трелювальні волокни, що залишаються на вирубці, стають джерелами розвитку лінійного розмиву ґрунту. Нами встановлено, що площинний змив і механічне знесення ґрунту на лісосіках характеризуються декількома процесами: частинки ґрунту відокремлюються від субстрату і дрібнозем виноситься за межі лісосіки або ґрунтова маса в цілому переміщується з підвищених місць у понижені. Переміщення ґрунтових мас спричиняються як стовбурами, що зсуваються вниз, так і поверхневим стоком. Механічне знесення ґрунтових мас і їх змив, поєднуючись у період рубки, утворюють складний процес ерозії лісової ділянки. По завершенню лісозаготівлі втрати ґрунту зумовлюються тільки змивом, проте ерозійні процеси можуть набути крупномасштабних розмірів через формування і розвиток сталої ерозійної системи на схилах гір.

Таблиця 1 — Характеристика лісових ділянок Карпатського держспецлісгоспу АПК, де застосовувався тракторний метод трельовання деревини

Лісництво	№ кв/вид	Площа, га	Вид рубки*	Загальний запас заготовленої деревини, м ³	Крутизна схилу, град.	Площа та ступінь ерозії, %/К*/ПК*
Ялівцецьке	22/25	3,0	СЛР	995	25	61 / 5 / в)
Путильське	10/17	1,6	СЛР	477	25	48 / 4 / б)
Конятинське	28/27	1,4	СЛР	217	24	44 / 3 / а)
Карпатське	26/17	0,8	СЛР	732	27	42 / 5 / б)
Карпатське	28/37	3,5	СЛР	752	24	58 / 4 / в)
Шурдинське	36/7	2,4	СЛР	602	25	55 / 4 / б)

* Примітка: СЛР – суцільно-лісосічна рубка; ССР – суцільна санітарна рубка; % – частка території лісосіки, що піддається ерозії, К – категорії та ПК – підкатегорії оцінки ступеня порушеності ґрунтового покриву

Дослідженнями [3] встановлено, що в даному випадку змив ґрунту з 1 га вирубки сягає 300-500 м³, тобто на 1 м³ зтрельованої деревини втрати ґрунту становлять до 1 м³, в той час як для створення природного ґрунту товщиною 1см необхідно близько 100 років.

Слід зазначити, що однією з основних причин розвитку ерозійних процесів гірських селітебних зон та прилеглих лук і полонин є нерегульоване випасання малої та великої рогатої худоби (рис. 6).



Рис. 6 — Розвиток ерозійних процесів внаслідок господарської діяльності (випасання великої рогатої худоби) – село Шеніт Путильського району

Загалом, розвиток негативних схилових процесів та деградації ґрунтового покриву Буковинських Карпат та Передкарпаття вимагає розроблення і здійснення першочергових заходів щодо екологічно збалансованого та інтегрованого управління природними ресурсами гірського регіону. Досвід показав, що вузьковідомчі програми заходів з цих питань є неефек-

тивними. Складнощі еколого-економічних проблем і масштаб завдань потребують гармонізації секторальних зусиль щодо вдосконалення природокористування і охорони природного довкілля.

Висновки. В останні десятиліття у Буковинських Карпатах та Передкарпатті активізувалися потенційно небезпечні природно-техногенні явища трансформації довкілля. Головними причинами деградації ґрунтового покриву стали зсуви, селі та ерозія. За переважним впливом природних і техногенних чинників деградації ґрунтового покриву можна виділити три типи територій, що піддаються екзогенним геологічним процесам: території з а) природними, в) природно-техногенними та с) техногенними чинниками утворення небезпечних схилових процесів. Доцільно враховувати фактори, що здатні підвищити небезпеку проявів або загрози деградації ґрунтового покриву: метеорологічні, гідрологічні, гідрогеологічні, сейсмічні, а також ризики їх господарського підсилення.

Наведена класифікація небезпечних схилових територій Буковинських Карпат та Передкарпаття, що піддаються екзогенним геологічним процесам, за переважним впливом природних і техногенних чинників деградації дає змогу диференціювати необхідні для захисту ґрунтового покриву заходи за видами, обсягами здійснення, термінами і черговістю їх реалізації.

Список використаної літератури

1. Голубець М.А. Кілька постулатів академіка В.І. Вернадського як заповіт всесвітньому людству на XXI століття (з погляду еколога) / М.А. Голубець // Вісник Національної академії наук України – 2012. – №10. – С. 12-24.
2. Голубець М.А. Екологічний потенціал наземних екосистем / М.А. Голубець, О.Г. Марискевич, О.Б. Крок та ін. – Львів: Поллі, 2003. – 180 с.
3. Горшенін М.М. Ерозія гірських лісових ґрунтів та боротьба з нею / М.М. Горшенін, В.С. Пешко. Видавництво Львівського університету, 1972. – 148 с.
4. Екологічний паспорт Чернівецької області - Чернівці, Зелена Буковина, 2010 – 288 с.
5. Збірник законодавчих актів з охорони, захисту, використання та відтворення лісів України - Чернівці, Зелена Буковина, 2011 – 256 с.
6. Козьмук П.Ф. Земельні ресурси Буковини: стан, моніторинг, використання / П.Ф. Козьмук, В.І. Куліш, О.А. Чернявський. – Чернівці: Букрек, 2007. – 384 с.
7. Матеріали виїзного розширеного засідання колегії Мінприроди України “Про стан реалізації заходів з ліквідації наслідків повені, що сталася у Вінницькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській та Чернівецькій областях”. - Івано-Франківськ, 3 жовтня 2008 року - 24 с.
8. Олійник В.С. Особливості формування ерозійно-селевих процесів у гірсько-лісових умовах Карпат / В.С. Олійник // Лісівництво і агролісомеліорація. – Вип. 98. – Харків: Оригінал, 2000. – С. 110-115.
9. Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України / Відп. ред. О.В.Дудкін. – К.: Хімджест, 2003. – 400 с.

10. Поляков А.Ф. Влияние главных рубок и их технологий на почвозащитные свойства буковых лесов Закарпатья: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук.: 06.03.03. – К.: УСХА, 1984.– 36 с.
11. Рамкова Конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат// Жива Україна. - 2004. - № 4-5. - С. 7-10.
12. Рудько Г.І. Землелогія. Еколого-ресурсна безпека Землі. / Г.І. Рудько, О.М. Адаменко. – Київ: Академпрес, 2009. – 512 с.
13. Солодкий В.Д. Лісогосподарські аспекти вдосконалення програми комплексного проти-паводкового захисту Буковинських Карпат / Солодкий В.Д. // Агроєкологічний журнал – Київ, 2010. - № 2 - С. 17-20.
14. Солодкий В.Д., Лавров В.В. Просторові дослідження у сталому розвитку Карпатського регіону // Біологічні системи. – Т. 3. – Вип. 4. – Чернівці: Чернівецький національний ун-т, 2011. – С. 461- 465.
15. Солодкий В.Д. Ліси Буковини: Буковинські Карпати та Передкарпаття: Монографія /В.Д. Солодкий. - Чернівці: Зелена Буковина, 2012 - 320 с.
16. Solodky V.D. Shelterwood method of felling as an indispensable condition of preservation of native forest of Northern Bukovina //The Question of Conversion of Coniferous Forests. Abstracts. International Conference 27 September – 02 Oktober 2003 Freiburg im Breisgau. Germany – P.71.
17. Furdychko O.I. Implementation of Carpathian Convention provisions in Bukovinian Carpathians /Furdychko O.I., Solodky V.D. // S4C Science for the Carpathians Newsflash, January, 2009. – P.3.

Стаття надійшла до редакції 27.03.13 українською мовою

© В.Д. Солодкий, Р.І. Беспалько, І.І. Казимир
ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
БУКОВИНСКИХ КАРПАТ И ПРЕДКАРПАТЪЯ

Рассмотрены природные и техногенные факторы деградации почвенного покрова Буковинских Карпат и Предкарпатья с точки зрения эколого-лесохозяйственных критериев. Исследованы причинно-следственные связи этих негативных явлений трансформации окружающей среды. Разработана классификация экзогенных геодинамических процессов региона.

© V.D. Solodkiy, R.I. Bspalko, I.I. Kasimir
EXOGENOUS GEODYNAMIC PROCESSES
BUKOVINA CARPATHIANS AND PRECARPATHIANS

Considered natural and man-made factors of soil degradation Bukovina Carpathians and Precarpathians, in terms of environmental and forest management criteria. The causal relationships of these negative phenomena which transform the environment is investigated. The classification of exogenous geodynamic processes in the region is developed.

УДК 624.042.7: 627.132

© Д.В. Стефанишин, д-р техн. наук

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ОЦІНКА РІВНЯ СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В РАЙОНІ РОЗМІЩЕННЯ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГАЕС ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ СЕЙСМІЧНОГО ФАКТОРА НА СТІЙКІСТЬ ДНІСТРОВСЬКОГО СХИЛУ

Виконано імовірнісну оцінку рівня сейсмічної небезпеки в районі розміщення Дністровської ГАЕС згідно з новими картами сейсмічного районування та проаналізовано вплив сейсмічного фактора на можливе порушення стійкості Дністровського схилу.

Ключові слова: сейсмічна небезпека, карти сейсмічного районування, сейсмостійкість схилу, оцінка ймовірності

Серед основних проблем забезпечення безпечної експлуатації Дністровської ГАЕС слід відзначити проблему забезпечення стійкості Дністровського схилу, який є одним з ключових елементів єдиного природно-техногенного комплексу, що формується гідроспорудами Дністровської ГАЕС [1]. Враховуючи, що Дністровська ГАЕС розміщується в зоні дії потужних підкорових землетрусів із сейсмоактивної зони Вранча (Румунія), існує небезпека порушення порівняно невисокої, з наближенням до граничного стану, стійкості Дністровського схилу на ділянці основних гідроспоруд ГАЕС при сейсмічних впливах.

Згідно з чинними нормами [2] встановлюються спеціальні вимоги щодо сейсмостійкості основних гідроспоруд гідровузлів, що розміщуються в сейсмічно активних районах з нормативною сейсмічністю, яка характеризується інтенсивністю сейсмічних струшувань рівною 6 і більше балів за шкалою MSK-64. Однак Дністровський схил не є гідроспорудою, це природний схил, тому і менш потужні землетруси, з інтенсивністю менше 6 балів, також можуть нести загрозу для стійкості Дністровського схилу. При цьому вони є більш імовірними, адже мають менші періоди повторення.

При обґрунтуванні сейсмостійкості гідроспоруд використовуються два рівні сейсмічних навантажень [2]: проектний землетрус (ПЗ), який має сприйматися гідроспорудою без порушення режиму її нормальної експлуатації, і максимальний розрахунковий землетрус (МРЗ), при якому не допускається руйнування гідроспоруди. В якості ПЗ згідно з новими картами сейсмічного районування (карти ОСР-2004 [2, 3]) приймається землетрус з періодом повторення 1 раз в 500 років (карта ОСР-2004-А, рис. 1) або щорічною ймовірністю перевищення сейсмічної події $2 \cdot 10^{-3}$, рік⁻¹; МРЗ – 1 раз в 5000 років (карта ОСР-2004-С, рис. 2) або щорічною ймовірністю перевищення сейсмічної події $2 \cdot 10^{-4}$, рік⁻¹. Таким чином, гідроспоруди Дністровської ГАЕС розміщуються в зоні, де можливе виникнення землетрусів з інтенсив-

вністю сейсмічних струшувань 6 балів за шкалою MSK-64, що відповідають рівню ПЗ, і 7 балів за шкалою MSK-64, що відповідають рівню МРЗ.

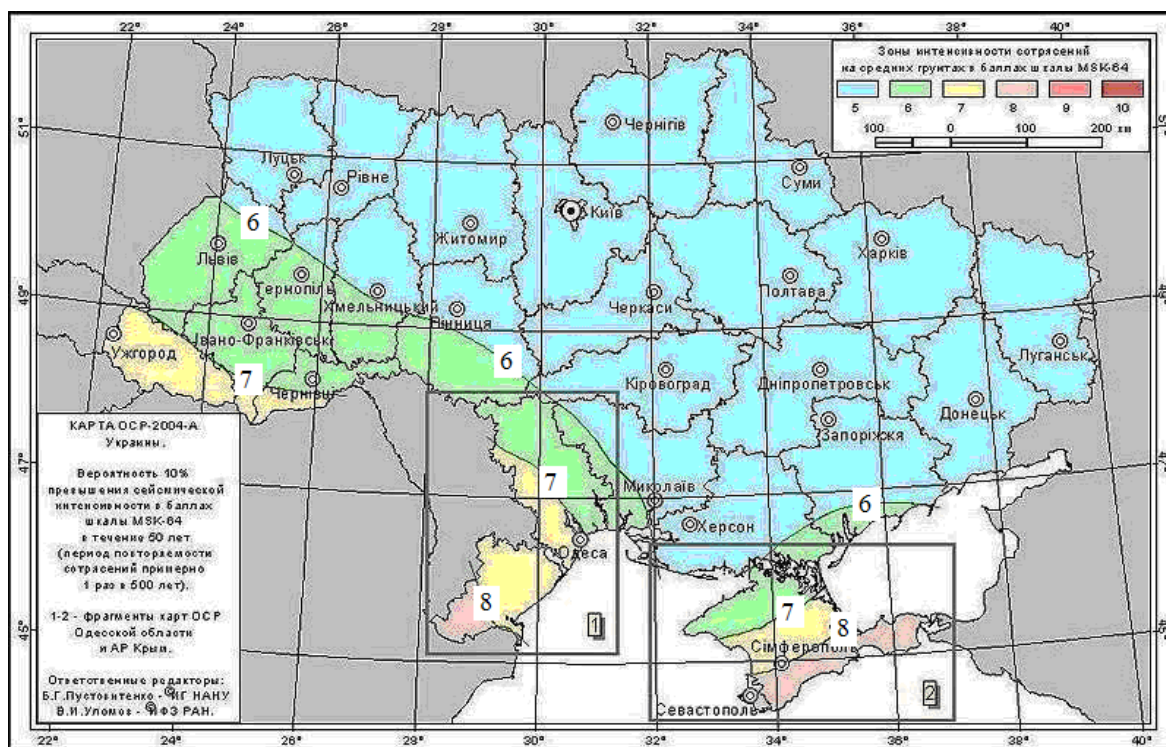


Рис. 1 — Карта сейсмічного районування ОСР-2004-А [2, 3]

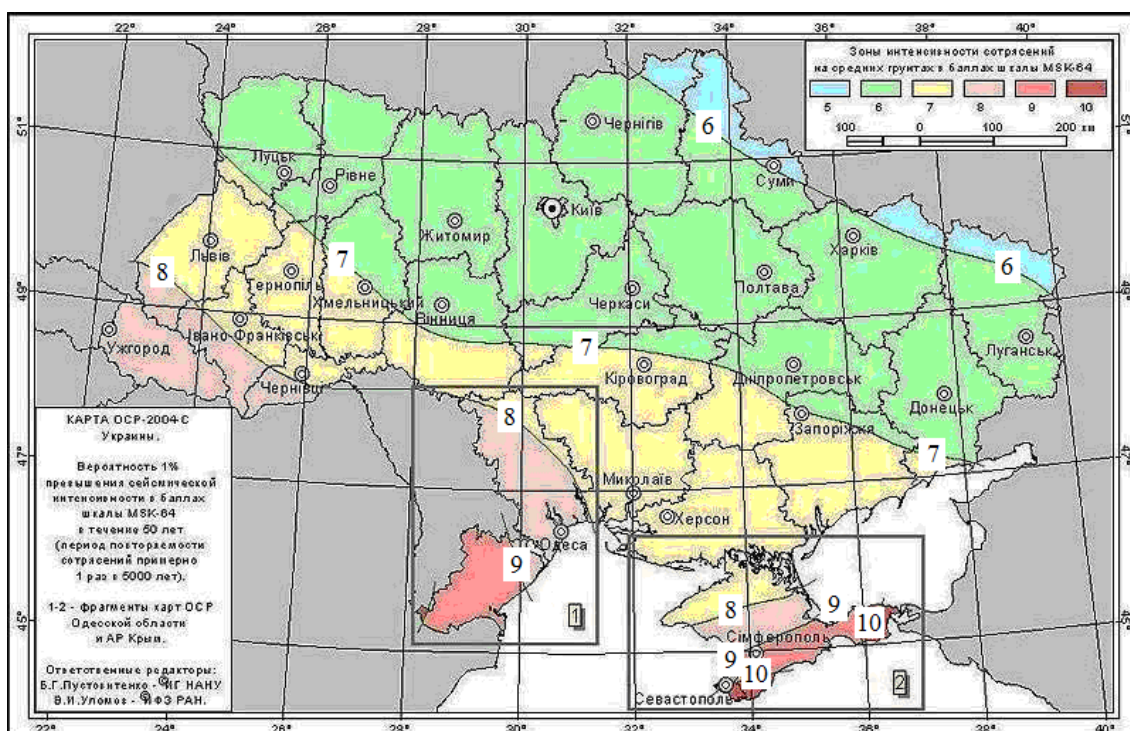


Рис. 2 — Карта сейсмічного районування ОСР-2004-С [2, 3]

При цьому, основною розрахунковою характеристикою, що характеризує рівень сейсмічної небезпеки для споруд, є максимальне сейсмічне прискорення a_{\max} в коливаннях частинок ґрунту на поверхні землі. Для середніх ґрунтів розрахункове максимальне прискорення для землетрусів інтенсивністю 7 балів приймають рівним $0,1 \cdot g$, де $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння ($\sim 100 \text{ см/с}^2$). Відповідно основні гідротехнічні споруди Дністровської ГАЕС та Дністровський схил при перевірці на МРЗ мають розраховуватися на дію максимального сейсмічного прискорення a_{\max} в коливаннях частинок ґрунту на поверхні землі $a_{\max} = 0,1 \cdot g$.

Однак між сейсмічною інтенсивністю I в балах шкали MSK-64 і максимальним прискоренням a_{\max} встановлюється більш складна імовірнісна залежність (див. рис. 3), згідно з якою одним і тим же значенням прискорення a_{\max} можуть відповідати різні інтегральні ймовірності $P(a_{\max})$ (ймовірності неперевищення) при різній інтенсивності I землетрусів і, відповідно, при різних періодах їх повторення.

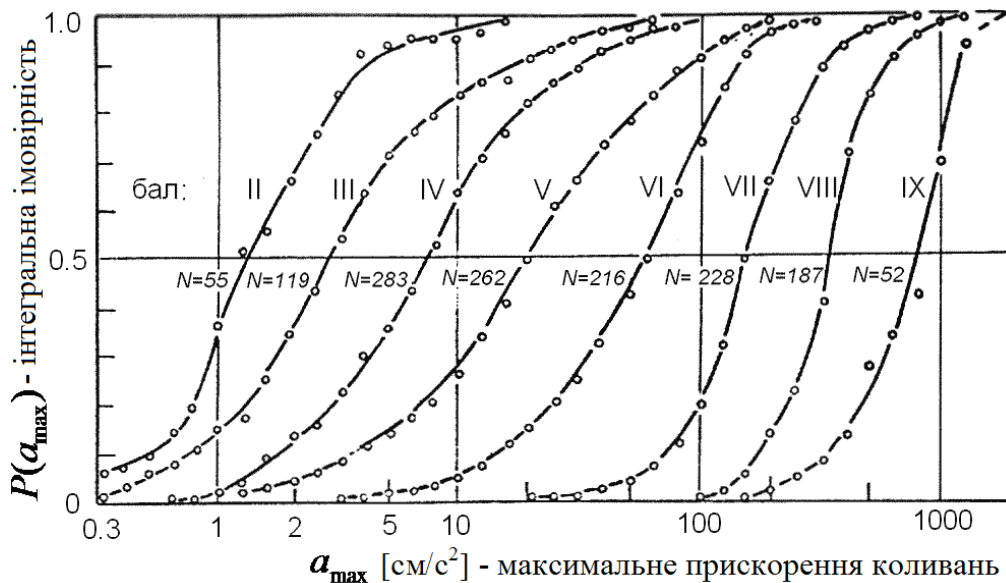


Рис. 3 — Характер імовірнісного зв'язку між сейсмічною інтенсивністю I в балах шкали MSK-64 і максимальним сейсмічним прискоренням a_{\max} ;

N – кількість сейсмограм землетрусів, використаних для побудови графіків, що характеризують різну сейсмічну інтенсивність у балах [4]

Так, згідно з даними рис. 3 максимальне сейсмічне прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ може спостерігатися при землетрусах інтенсивністю 7 балів, 6 балів, а також і при землетрусах інтенсивністю 5 балів. При цьому забезпеченість (ймовірність перевищення) максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ при землетрусі інтенсивністю 7 балів (I_7) складає $\sim 80\%$, 6 балів (I_6) $\sim 27\%$, 5 балів (I_5) $\sim 10\%$.

Тобто умовні ймовірності перевищення максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ при землетрусах з різною інтенсивністю в балах шкали MSK-64 будуть: $P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g | I_7) = 0,8$; $P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g | I_6) = 0,27$; $P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g | I_5) = 0,1$.

При цьому, з урахуванням щорічної ймовірності перевищення сейсмічних струшувань інтенсивністю 7 балів $P(I \geq 7) = 2 \cdot 10^{-4}$, рік⁻¹, повна ймовірність перевищення (забезпеченість) максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ в районі розміщення гідроспоруд Дністровської ГАЕС при землетрусах інтенсивністю не менше 7 балів буде:

$$P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 7) = P(I \geq 7) \cdot P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g | I_7) = 1,6 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1}. \quad (1)$$

З урахуванням щорічної ймовірності перевищення сейсмічних струшувань інтенсивністю 6 балів $P(I \geq 6) = 2 \cdot 10^{-3}$, рік⁻¹, повна ймовірність перевищення (забезпеченість) максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ в районі розміщення гідроспоруд Дністровської ГАЕС при землетрусах інтенсивністю не менше 6 балів буде:

$$P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 6) = P(I \geq 6) \cdot P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g | I_6) = 5,4 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1}. \quad (2)$$

Зауважимо, що повна ймовірність перевищення максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ при землетрусах інтенсивністю не менше 6 балів $P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 6)$ в районі розміщення гідроспоруд Дністровської ГАЕС є більшою за відповідну ймовірність $P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 7)$ при землетрусах інтенсивністю не менше 7 балів. При цьому повна ймовірність перевищення максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ при землетрусах інтенсивністю не менше 6 балів і менше 7 балів в районі розміщення гідроспоруд Дністровської ГАЕС також є більшою ймовірності $P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 7)$:

$$\begin{aligned} &P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, 6 \leq I < 7) = \\ &= P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 6) - P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 7) = 3,8 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1}. \end{aligned} \quad (3)$$

У зв'язку з відсутністю даних про періоди повторення землетрусів інтенсивністю 5 балів в районі розміщення Дністровської ГАЕС щорічну ймовірність перевищення сейсмічних струшувань інтенсивністю 5 балів $P(I \geq 5)$ встановимо наступним чином.

Визначаємо повну ймовірність відсутності землетрусу інтенсивністю не менше шести балів протягом розрахункового періоду повторення шестибальних землетрусів в регіоні $T_6 = 500$ років:

$$P(I \leq 6, T_6) = [1 - P(I \geq 6)]^{T_6} = 0,7633. \quad (4)$$

Далі встановлюємо відповідну їй щорічну ймовірність перевищення сейсмічних струшувань інтенсивністю менше 6 балів:

$$P(I < 6) = 1 - [1 - P(I < 6, T_6)]^{\frac{1}{T_6}} = 0,00288, \text{ рік}^{-1}. \quad (5)$$

Отриману оцінку, з запасом по ризику, округлюємо до $P(I < 6) = 0,003, \text{ рік}^{-1}$.

З метою перевірки можливості використання ймовірності $P(I < 6) = 0,003, \text{ рік}^{-1}$, в якості оцінки ймовірності $P(I \geq 5)$, за даними карт сейсмічного районування [2, 3] було здійснено екстраполяцію сейсмічних подій різної ймовірності перевищення біля м. Чернівці, де прогнозується можливість землетрусів різної інтенсивності: 8 балів (рис. 2), ймовірністю перевищення сейсмічних струшувань $2 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1}$; 7 балів, ймовірністю перевищення сейсмічних струшувань $10^{-3}, \text{ рік}^{-1}$ (карта ОСР-2004-В, рис. 4); 6 балів, ймовірністю перевищення сейсмічних струшувань $2 \cdot 10^{-3}, \text{ рік}^{-1}$ (рис. 1).

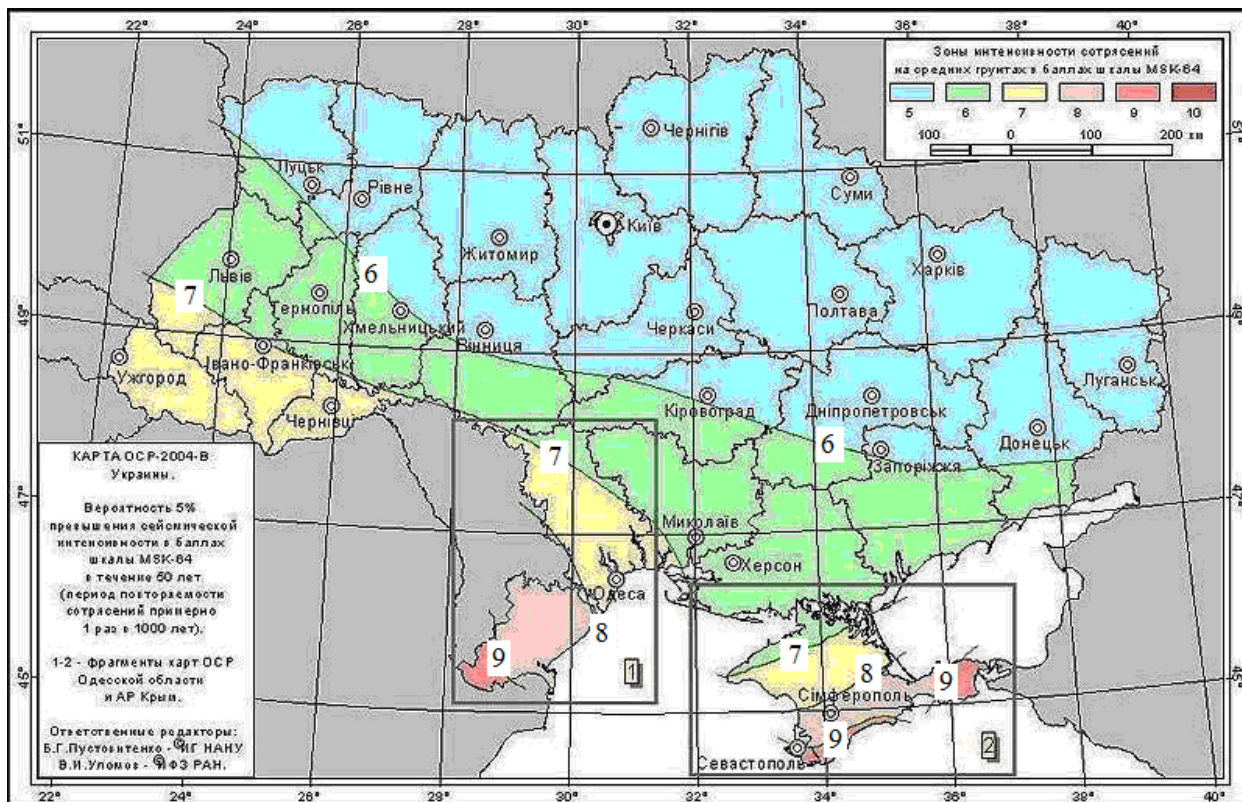


Рис. 4 — Карта сейсмічного районування ОСР-2004-В [2, 3]

Екстраполяція за трьома точками за допомогою логарифмічної функції дає ймовірність перевищення сейсмічних струшувань інтенсивністю 5 балів біля м. Чернівці в $0,003, \text{ рік}^{-1}$ (рис. 5а). Аналогічна (логарифмічна) екстраполяція за двома точками для району, де розміщуються гідроспоруди Дністровської ГАЕС, дає $0,004, \text{ рік}^{-1}$ (рис. 5б). Із запасом ризику приймаємо $P(I \geq 5) = 0,004, \text{ рік}^{-1}$.

З урахуванням щорічної ймовірності перевищення сейсмічних струшувань інтенсивністю 5 балів $P(I \geq 5) = 4 \cdot 10^{-3}, \text{ рік}^{-1}$, повна ймовірність перевищення (забезпеченість) максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ в районі розміщення гідроспоруд Дністровської ГАЕС при землетрусах інтенсивністю не менше 5 балів буде:

$$P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 5) = P(I \geq 5) \cdot P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g | I_5) = 4 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1}. \quad (6)$$

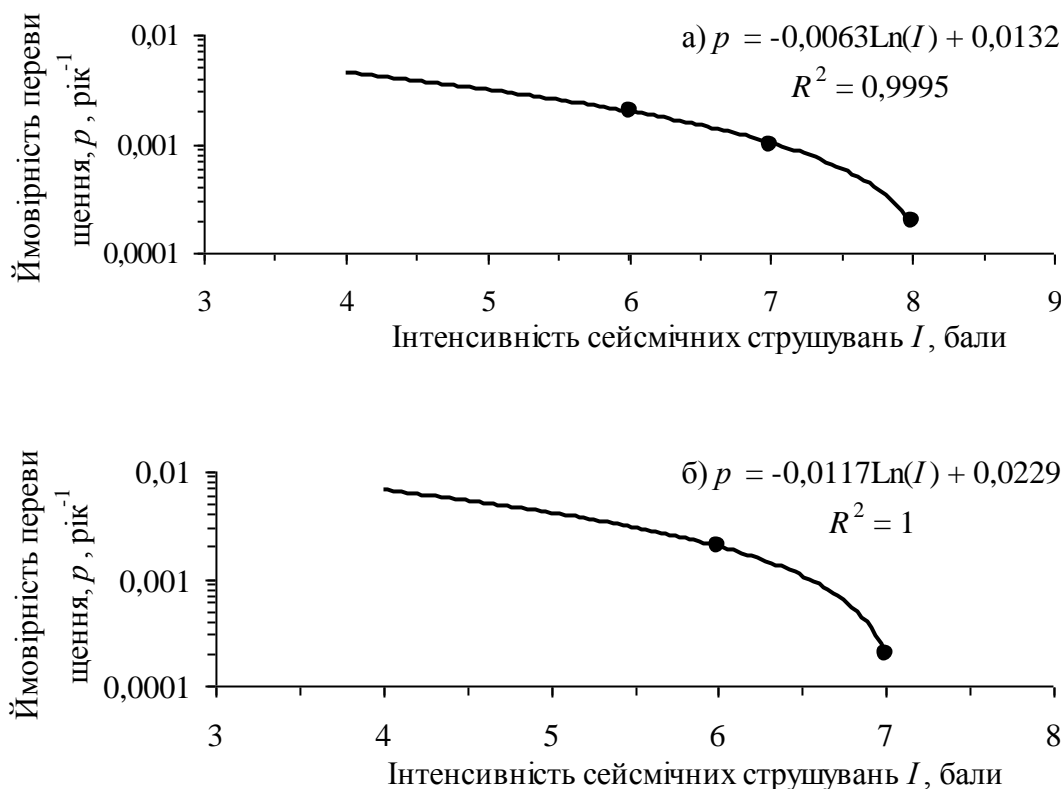


Рис. 5 — Модельні графіки щорічних ймовірностей перевищення сейсмічних струшувань:
 а) біля м. Чернівці; б) в районі розміщення Дністровської ГАЕС

Відповідно повна ймовірність перевищення максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ при землетрусах інтенсивністю не менше 5 балів і менше 6 балів в районі розміщення гідропоруд Дністровської ГАЕС буде:

$$\begin{aligned}
 P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, 5 \leq I < 6) &= \\
 &= P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 6) - P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 7) = 1,4 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Повна ймовірність перевищення максимального сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ при землетрусах інтенсивністю не менше 5 балів при цьому буде:

$$\begin{aligned}
 P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 5) &= P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, 5 \leq I < 6) + P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, 6 \leq I < 7) + \\
 &+ P(a_{\max} \geq 0,1 \cdot g, I \geq 7) = 6,8 \cdot 10^{-4}, \text{ рік}^{-1},
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

з періодом повторення відповідної сейсмічної події ($a_{\max} = 0,1 \cdot g$) рівним 1470 років.

Аналіз впливу різних за інтенсивністю землетрусів на можливе порушення стійкості Дністровського схилу здійснювався за ймовірністю на основі оцінки «внесків» («ваг») відповідних i -х землетрусів у повну ймовірність порушення стійкості схилу з урахуванням дії землетрусів інтенсивністю 5, 6 і 7 балів. Для цього визначалися відповідні «ваги» кожного з i -х землетрусів, $i = \overline{5,7}$, за наступною формулою (у відсотках):

$$w(E_i)\% = 100 \cdot \frac{P(E_i)}{\sum_{i=5}^7 P(E_i)}, \quad (9)$$

де $P(E_i)$ – ймовірність порушення стійкості схилу внаслідок i -ї сейсмічної події; $\sum_{i=5}^7 P(E_i)$ – в нашому випадку – повна ймовірність порушення стійкості схилу.

Оцінка ймовірності порушення стійкості Дністровського схилу при сейсмічних впливах виконувалася методом дерев відмов і несправностей [5]. Діаграма відповідного дерева відмов і несправностей з результатами розрахунків наведена на рис. 6.

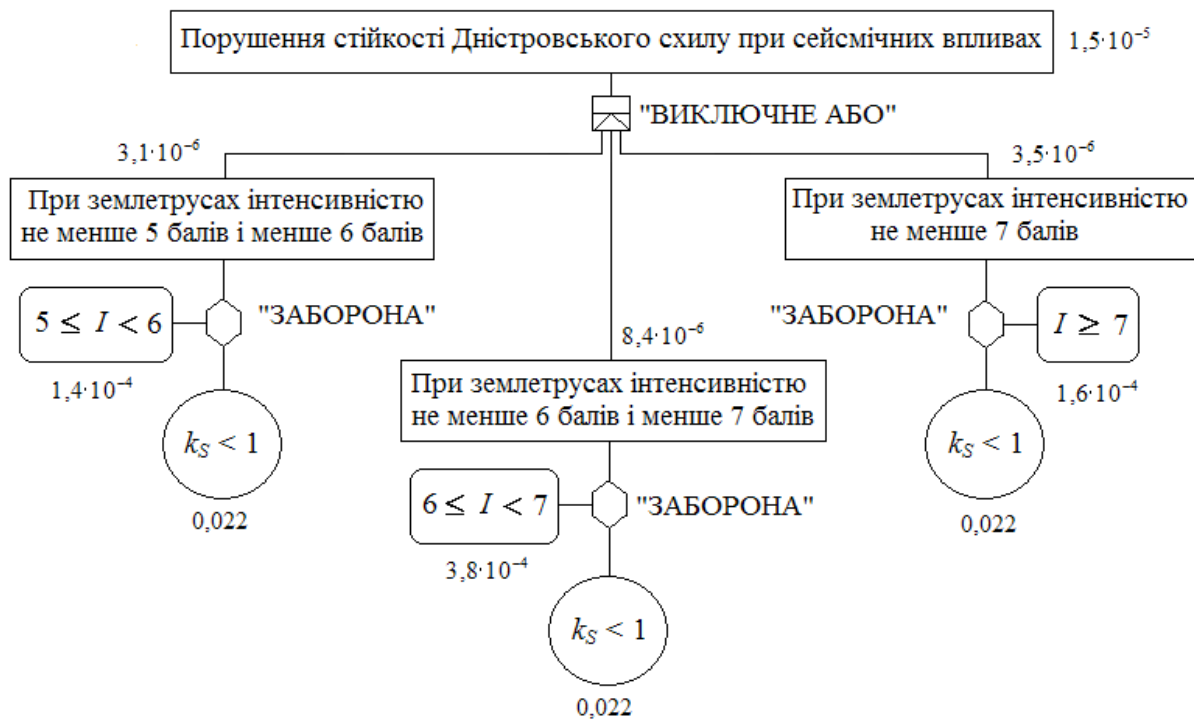


Рис. 6 — Дерево відмов і несправностей для оцінки ймовірності порушення стійкості Дністровського схилу при сейсмічних впливах

При оцінці умовної ймовірності порушення стійкості Дністровського схилу як ймовірності того, що коефіцієнт стійкості k_S , як випадкова величина, при дії сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$ виявиться меншим за одиницю ($k_S < 1$), враховувалося, що в цілому схил на ділянці основних споруд у природних умовах стійкий, але в граничному стані рівноваги знаходиться верхнє зсувне тіло, складене зміщеними розробленими пакетами верхньокрейдяних порід, яке окреслювалося потенційно можливою поверхнею зрушення I [1, 6]. Припускалося, що саме це тіло найімовірніше може втратити стійкість при сейсмічних впливах.

Умовна ймовірність порушення стійкості схилу як ймовірність того, що коефіцієнт стійкості $k_S < 1$, встановлювалася за результатами нормативних розрахунків стійкості схилу по поверхні зрушення I, яка окреслює верхнє зсувне тіло, при дії сейсмічного прискорення $a_{\max} = 0,1 \cdot g$. Були використані результати розрахунків, що проводилися в Укргідропроєкті

[6] різними методами: Чугаєва ($k_{s,p} = 1,06$), Можевітінова-Шинтемірова ($k_{s,p} = 0,985$), похилих сил взаємодії ($k_{s,p} = 1,112$), Маслова-Берера ($k_{s,p} = 0,915$), де $k_{s,p}$ – розрахункове значення коефіцієнта стійкості (забезпеченістю p). При цьому отриманим різними методами розрахунковим значенням коефіцієнта стійкості $k_{s,p}$ приписувалася однакова міра довіри. Було побудовано варіаційний ряд та встановлено емпіричні ймовірності різних розрахункових значень коефіцієнта стійкості $k_{s,p}$ (рис. 7).

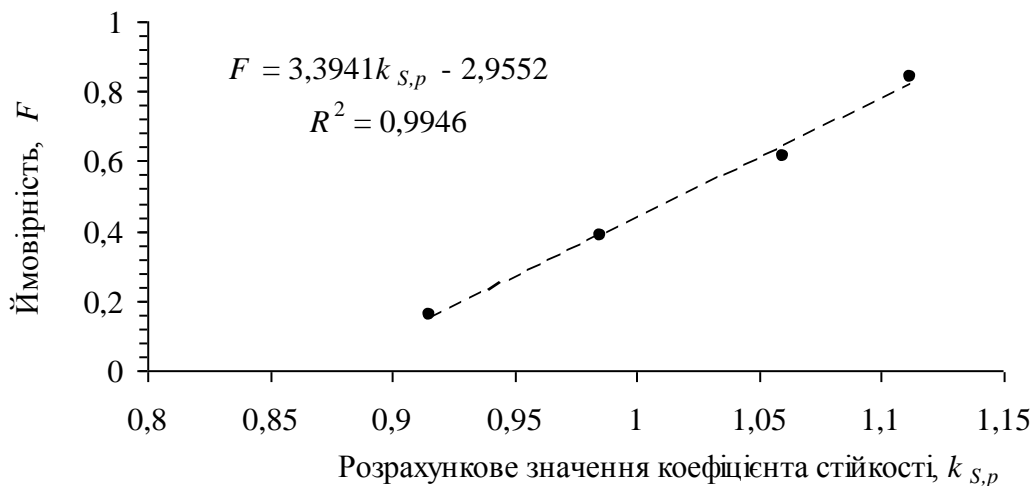


Рис. 7 — Графік емпіричної ймовірності $F(k_s < k_{s,p})$ за даними нормативних розрахунків сейсмостійкості Дністровського схилу по поверхні зрушення I

За отриманою залежністю емпіричної ймовірності від розрахункових значень коефіцієнта стійкості $k_{s,p}$ була встановлена емпірична ймовірність $k_{s,p} = 1$: $F = 0,44$. Далі припускалося, що при забезпеченості 95% розрахункових значень характеристик міцності порід проти зсуву ймовірність втрати стійкості схилу при $k_{s,p} = 1$ складає 0,05. З урахуванням емпіричної ймовірності $F = 0,44$ при розрахунковому значенні коефіцієнта стійкості $k_{s,p} = 1$ схилу по поверхні зрушення I маємо умовну ймовірність втрати стійкості Дністровського схилу по цій поверхні при сейсмічних впливах з урахуванням сейсмічного фактору $P(k_s < 1 | I) = 0,022$. Можна показати, що при нормальному законі розподілу k_s ймовірність $P(k_s < 1 | I) = 0,022$ відповідає середньому значенню коефіцієнта варіації для k_s близькому до 0,2, що погоджується з даними [7].

У результаті розрахунків були отримані наступні ймовірності порушення стійкості Дністровського схилу при сейсмічних впливах: повна ймовірність порушення стійкості схилу при сейсмічних впливах – $1,5 \cdot 10^{-5}$, рік⁻¹; при землетрусах інтенсивністю не менше 5 балів і менше 6 балів – $3,1 \cdot 10^{-6}$, рік⁻¹, що складає 20,6% повної ймовірності порушення стійкості схилу; при землетрусах інтенсивністю не менше 6 балів і менше 7 балів – $8,4 \cdot 10^{-6}$, рік⁻¹, що складає 55,9% повної ймовірності порушення стійкості схилу; при землетрусах інтенсивністю не менше 7 балів – $3,5 \cdot 10^{-6}$, рік⁻¹, що складає 23,5% повної ймовірності порушення стійкості схилу. Можна зробити висновок, що найбільший «вклад» у ймовірність порушення стійкості Дністровського схилу в районі гідроспоруд Дністровської ГАЕС вносять землетруси інтенсивністю до 7 балів (76,5%).

Список використаної літератури

1. Стефанишин Д.В. Оцінка надійності ґрунтових гідротехнічних споруд Дністровської ГАЕС / Д.В. Стефанишин, О.В. Жеребят'єв // Вісник НУВГП. Зб. наукових праць. – Вип. 3 (47). – Частина 1. – Рівне: НУВГП. – 2009. – С.520-530.
2. ДБН В.1.1-12:2006. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво в сейсмічних районах України. Мінбудівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – К.: 2006. – 83 с.
3. режим доступу: <http://seismos-u.ifz.ru/zoning.htm>.
4. режим доступу: <http://wdc.org.ua/uk/node/178>.
5. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
6. Отчет по теме: Расчеты устойчивости склона на участке основных сооружений Днестровской ГАЭС. Этап 2. Расчеты устойчивости склона на участке основных сооружений Днестровской ГАЭС в строительный период и в период эксплуатации. 732-14-Т61. ОАО «Укргідропроєкт». – Харьков: 1994. – 33 с.
7. Стефанишин Д.В. Методика оцінки ймовірностей аварій на гідроспорудах на основі рандомізації результатів розрахунків споруд за методом граничних станів / Д.В. Стефанишин // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Зб. наукових праць. – Вип. 34. – Рівне: НУВГП. – 2009. – С.109-115.

Стаття надійшла до редакції 14.03.13 українською мовою

© Д.В. Стефанишин

**ОЦЕНКА УРОВНЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ
ДНЕСТРОВСКОЙ ГАЭС И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ФАКТОРА
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДНЕСТРОВСКОГО СКЛОНА**

Выполнено вероятностную оценку уровня сейсмической опасности в районе размещения Днестровской ГАЭС в соответствии с новыми картами сейсмического районирования и проанализировано влияние сейсмического фактора на возможное нарушение устойчивости Днестровского склона.

© D.V. Stefanishin

**ASSESSMENT OF SEISMIC HAZARD IN THE REGION OF THE DNIESTER PSP
AND ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE SEISMIC FACTOR
ON STABILITY DNIESTER SLOPE**

The probabilistic assessment of seismic hazard in the region of the Dniester PSP according to new seismic zoning maps was performed and the impact of the seismic factor of a possible violation of the stability of the Dniester slope was analyzed.

УДК 504.1

© А.П. Сіренко, канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

КРИТИЧНА ВІДСТАНЬ МІЖ УТРИМУЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЗСУВНИХ ТА ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ СХИЛІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

На основі розрахунків для зсувних та зсувонебезпечних схилів Чернівецької області для зсувів зрізу оцінена критична відстань між утримуючими елементами.

Ключові слова: утримуючі елементи, протизсувні споруди, розрахунки, зсув зрізу, неогенові глини

Питанням визначення моделі механізму розвитку зсувних процесів у Чернівецькій області займалися Г.І. Рудько, В.М.Саломатін [1]. Ними в межах території Чернівецької області виявлені три основні схеми і відповідні їм моделі механізмів розвитку зсувного процесу (ковзання, зріз, течія). Як відомо, для визначення критичної відстані між утримуючими елементами найбільше застосування мають дві теорії: теорія арочного ефекту і теорія пластичності. Для зсувних товщ області, які складені переважно глинами неогенового віку та глинистим делювієм, краще підходить теорія арочного ефекту. Це пов'язано з тим, що згідно з теорією пластичності кут внутрішнього тертя ϕ дорівнює нулю, але це не відбувається в реальних умовах для глинистих ґрунтів (ϕ завжди більше нуля, хоча питоме зчеплення c для ґрунтів зсувів течії близьке або рівне нулю). Розробкою і вдосконаленням теорії арочного ефекту займалися М.М. Протод'яконов, К. Терцагі, Н.А. Цитович та ін. Застосуванню даної теорії для визначення критичної відстані між утримуючими спорудами присвячені роботи Л.К. Гінзбурга [2], О.І. Білеуш [3], Н.А. Цитовича та ін.

Якщо припустити, що несучі тіла з ґрунту, які утворюються при прояві арочного ефекту, мають форму склепінь, то модель пальово-арочного протизсувного масиву можна представити на рис. 1. Для такої арки при рівномірно розподіленому навантаженні q_v реакція на опорах $R_v=q_v b/2$, а розпір $R_h=q_v b^2/8f$, де b — шукана відстань між утримуючими елементами.

Реакція R_v буде гаситись тертям у п'яти арки і зчепленням із сусідньою нерухомою зоною ґрунту довжиною f . Величина f — стріла підйому арки і одночасно протяжність зони дії зчеплення ґрунту - залежить від багатьох факторів. По суті, ця величина показує, на якій відстані від просвіту між утримуючими елементами мобілізуються сили зчеплення і тертя для перерозподілу загального тиску завдяки прояву арочного ефекту. Інакше кажучи, величина f є відстань, на якій опір зрізу ефективний.

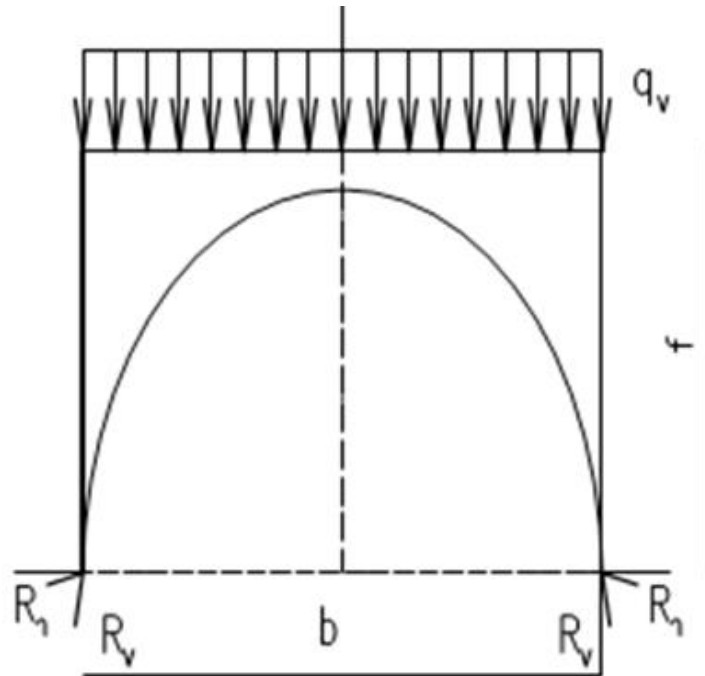


Рис. 1 — Схема несучого ґрунтового тіла

Величину стріли підйому арки можна знайти з рівняння:

$$f = \zeta b, \tag{1}$$

де

$$\zeta = \frac{E_{zc} + \sqrt{E_{zc} - 2E_{zc} h_{cep} c_{cep} \operatorname{tg} \varphi_{cep}}}{4h_{cep} c_{cep}}, \tag{2}$$

h_{cep} - середнє значення зсувної товщі;

c_{cep} , φ_{cep} - середньозважене значення питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя відповідно.

Критичну відстань між утримуючими елементами можна знайти з формули:

$$b = \frac{6\zeta^2 c_{cep} h_{cep} \cos \alpha - E_{zc} (2\zeta - \operatorname{tg} \varphi_{cep})}{0,2E_{zc} \zeta^2 \cos \alpha}, \tag{3}$$

де α - нахил відрізка кривої ковзання.

Проведемо чисельне моделювання визначення критичної відстані між утримуючими елементами для зсувів зрізу області. При цьому врахуємо, що згідно з матеріалами чисельних інженерно-геологічних вишукувань значення кута внутрішнього тертя та питомого зчеплення становлять для глин неогенового віку відповідно 10° - 17° та 35 - 60 кПа. Зсувний тиск становить не менше 100 кН при товщах не менше 5 м.

Спробуємо приблизно оцінити критичну відстань між утримуючими елементами при куті внутрішнього тертя 10° , питомому зчепленні 35 кПа та товщі 5м:

$$\zeta = \frac{E_{zc} + \sqrt{E_{zc}^2 - 2E_{zc} * 5 * 35 * \text{tg}(10^\circ)}}{4 * 5 * 35} = \frac{E_{zc} + \sqrt{E_{zc}^2 - 61,6 * E_{zc}}}{700} =$$

$$= \frac{E_{zc} + E_{zc} \sqrt{1 - 61,6 / E_{zc}^3}}{700} = E_{zc} \frac{1 + \sqrt{1 - 61,6 / E_{zc}^3}}{700} \approx E_{zc} \frac{1 + 1}{700} = \frac{1}{350} E_{zc}$$
(4)

Тоді критична відстань за (4.3) складає:

$$b = \frac{6 * \zeta^2 * 35 * 5 * 0,985 - E_{zc} (2\zeta - 0,176)}{0,2 * E_{zc} * \zeta^2 * 0,985} = \frac{1034,25 * \zeta^2 - E_{zc} (2\zeta - 0,176)}{0,197 * E_{zc} * \zeta^2} =$$

$$= 1697 * \left[\frac{1}{E_{zc}} + \frac{64,49}{E_{zc}^2} \right]$$
(5)

Проаналізуємо вираз (5) для різних значень кута внутрішнього тертя та питомого зчеплення та зсувної товщі 5 м, 6 м та 10 м, а результати розрахунків зведемо в таблицю (табл.1).

Таблиця 1 — Критична відстань для зсувів зрізу

№ п/п	E _{zc} , кН	h=5 м		h=6 м		h=10 м	
		500	1000	500	1000	500	1000
1.	φ=10 ° с=35 кПа	3,84	1,81	4,70	2,19	8,55	3,83
2.	φ=12 ° с=40 кПа	4,41	2,04	5,47	2,49	10,2	4,42

Висновки

1. Для зсувів зрізу при тисках до 1000 кН та товщах більше 5 м суттєвою є не критична відстань між утримуючими елементами, а їх розстановка за умови співвідношення їх несучої здатності і діючого зсувного тиску.

2. Зі зростанням зсувної товщі та питомого зчеплення глин у зсувах зрізу критична відстань між утримуючими елементами зростає прямо пропорційно.

3. Оскільки згідно з розрахунками критична відстань між утримуючими елементами для зсувів зрізу для товщ більше 5 м та тисках до 1000 кН може бути дуже великою, більше 3 м (досягаючи значень більше 100 м), доцільно, з економічної точки зору, в якості утримуючих споруд застосовувати утримуючі споруди підвищеної або високої несучої здатності, або якщо є така можливість, використовувати контрбанкети.

Список використаної літератури

1. Рудько Г.И., Саломатин В.Н. Временные методические рекомендации по организации мониторинга геологической среды территории Украины (на примере Западных областей УССР) // Киев 1987, –185 с.
2. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции.// М.: Стройиздат. 1979. –80 с.
3. Билеуш А.И., Марченко А.Г., Середняк Я.И., Штекель А.С. Инженерная подготовка территорий в сложных условиях // Киев:Будівельник. 1981. –208 с.

Стаття надійшла до редакції 21.03 13 українською мовою

© А.П. Сиренко

**КРИТИЧЕСКОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УДЕРЖИВАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ
ОПОЛЗНЕВЫХ И ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ**

На основе расчетов для оползневых и оползнеопасных склонов оползней среза Черновицкой области оценено критическое расстояние между удерживающими элементами.

© A.P. Sirenko

**THE CRITICAL DISTANCE BETWEEN THE ELEMENTS RETAINING
ANTI-LANDSLIDE STRUCTURES LANDSLIDE AND LANDSLIDE-DANGEROUS
SLOPES OF THE CHERNIVTSI REGION**

Based on calculations for landslide and landslide-dangerous slopes of the Chernivtsi region for shear displacements measured critical distance between elements of retaining anti-landslide structures.

УДК 502.3:625.5;62-785:330.131.7

© Ю.Д. Стефанишина-Гаврилюк

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

НЕБЕЗПЕКИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НА ПРИРІЧКОВИХ ТЕРИТОРІЯХ

Проведено аналіз небезпек природокористування на прирічкових територіях на основі встановлення причинно-наслідкового зв'язку між здійсненням господарської діяльності в межах даних територій та можливості реалізації негативних явищ та процесів як природного, так і техногенного характеру.

Ключові слова: прирічкові території, небезпеки природокористування, геоморфологічні процеси

Вступ. Історично людина своє соціально-економічне благополуччя пов'язувала з долинами рік, зважаючи на безперечні вигоди, переваги та додаткові можливості, які надають природні ресурси прирічкових територій для ефективного господарювання. Долини рік традиційно розглядалися людиною як важливе ресурсне середовище, не скористатися яким у господарській діяльності було б вкрай нераціонально, незважаючи на загрози контакту з водною стихією. У сучасних умовах, які характеризуються глобальними й локальними кліматичними змінами, інтенсифікацією інженерно-геологічних процесів, посиленням антропогенної діяльності в басейнах рік і, як наслідок, зростанням загроз надзвичайних ситуацій на прирічкових територіях, постають складні задачі їх ідентифікації та прогнозування з метою раціоналізації природокористування на цих територіях, забезпечення безпеки життєдіяльності населення й збереження навколишнього середовища, підтримання екологічної рівноваги в межах річкових басейнів.

Етимологія поняття «прирічкові території». Слід зазначити, що на разі загальноприйнятого в науково-технічній літературі та законодавчо регламентованого терміну поняття «прирічкові території» не існує. У Земельному та Водному Кодексах України [1, 2] нормативно закріпленими є, наприклад, такі терміни, як «землі водного фонду», «водоохоронні зони» та «прибережні захисні смуги», що поширюються і на річкові системи. Але ці терміни стосуються територіальних об'єктів, які, загалом, можуть розглядатися лише як окремі, хоча й важливі складові більш широкого поняття, яке вкладається нами в термін «прирічкові території».

Найбільш предметно, вже не менше 40 років, поняття «прирічкові території» використовується в містобудуванні та ландшафтній архітектурі [3-6]. Однак визначення прирічкових

територій у розв’язанні містобудівних питань традиційно розглядається у межах окремих адміністративних одиниць (адміністративний район, місто, населений пункт тощо), в контексті урбанізованих прирічкових територій, а їх географічні розміри зазвичай визначаються через вплив річки на урбаністичні утворення. При цьому кожному територіально-урбаністичному утворенню може відповідати своє поняття прирічкової території та її розмірів в залежності від рівня її зонування.

З фізико-географічної точки зору визначає прирічкові території проф. М.М. Кушніренко [4] – як землі, які розташовані біля берега річки, що мають схил до її русла та охоплюють такі структурні елементи долини ріки, як: територію заплави, схил та корінні береги, річкові тераси, зони можливого затоплення та підтоплення паводковими водами, водоохоронну зону річки, захисну смугу, межу прирічкових територій.



Рис. 1 — Складові прирічкових територій

Оскільки ключовим об’єктом будь-якої територіальної діяльності є земля, яка згідно з Земельним кодексом України розглядається як територіальний базис, природний ресурс і основний засіб виробництва, то прирічкові території можуть визначатися як *землі, земельно-територіальні ресурси, використання яких в господарчій діяльності обумовлюється їх контактом з річкою*. Прирічкові території можуть включати прилегли до ріки природні та антропогенно-перетворені земельно-територіальні комплекси, що перебувають під впливом ріки і використовуються в народному господарстві, використовуються людиною або охороняються з тією чи іншою метою (збереження екосистем, культурно-історичних об’єктів тощо). Це можуть бути урбанізовані прирічкові ділянки, прибережні землі з регульованою господарською діяльністю, землі водного фонду, водоохоронні зони, прибережні захисні смуги, прирічкові землі з нерегульованою господарською діяльністю, прибережні землі заповідного

фонду. До прирічкових територій можуть відноситися будь-які елементи річкових долин – річкові русла, заплави, прирічкові тераси, схили корінних берегів, що є або можуть бути об'єктами природокористування, стан яких або безпека природокористування в межах яких так чи інакше залежить від ріки (рис. 1).

Основні напрямки та наслідки природокористування на прирічкових територіях.

Ріка та природокористування в долині ріки тісно взаємопов'язані між собою та характеризуються активними та неперервними ландшафтоутворюючими процесами. Під впливом ерозійно-аккумулятивної діяльності водотоків, а також людини, як чинника природокористування, прирічкові території постійно змінюються. У результаті складних природних та антропогенних перетворень, які відбуваються в руслах рік та на прирічкових територіях, реакцій на ці перетворення, між різними природними структурами (рікою, заплавою ріки тощо), урбаністичними утвореннями та різними об'єктами соціально-економічної інфраструктури, які поєднуються між собою територіально і функціонально, формується й отримує розвиток складна природно-територіальна система «ріка – прирічкова територія», яка за складом та зв'язками може трактуватися як: *природно-технічна гідроекосистема* [7], *соціально-природно-техногенна система*, *природно-технічна* [8, 9] або *природно-техногенна система* (ПТС) [5] тощо. На разі антропогенний фактор почав відігравати ключову роль у змінах, які відбуваються в усіх природних компонентах річкових долин. Особливо гостро проявляється взаємозв'язок між природокористуванням на прирічкових територіях і рікою в напрямку розвитку негативних процесів. За несприятливих умов цей взаємозв'язок призводить до взаємної деградації і деструкції як ріки, так і прирічкових територій. Деградація річки сприяє неминучому процесу деградації її прирічкових земель. А деградація прирічкових територій зумовлює посилену деградацію ріки [10-13]. При цьому може змінюватися як спектр впливів ріки на прирічкові території, так і їх характер. У багатьох випадках серед основних наслідків цих впливів є незворотні зміни в ерозійно-аккумулятивній діяльності рік та незворотні зміни їх водності [14-16].

Найбільш цінним природним ресурсом прирічкових територій є унікальне поєднання водно-земельних ресурсів. Окрім водних та земельних ресурсів, прирічкові території володіють гідроенергетичними, рибними, лісовими, рекреаційними, культурно-історичними і естетичними ресурсами. Прирічкові території є одними з найбільш популярних об'єктів туризму. На прирічкових територіях розміщуються мисливські угіддя, родовища корисних копалин; зокрема ці території та русла рік є постачальниками якісних будівельних матеріалів (піску та гравію). Не поодинокими є і випадки розміщення на прирічкових територіях потенційно небезпечних об'єктів, таких, зокрема, як накопичувачі промислових відходів (хвостосховища, золошлаковідвали тощо) [17].

Різноманіття ресурсів та можливостей їх використання роблять прирічкові території надзвичайно привабливими для різних видів природокористування (рис. 2). При цьому способи та особливості господарського освоєння річкових долин можуть бути пов'язані не лише із соціально-економічною доцільністю, потребами різних сфер промисловості, гідроенергетики та сільського господарства, що, відповідно, впливає на вибір об'єктів господарювання

та способів використання прирічкових територій. Втручання в природний стан ріки та прилеглих до неї територій може обумовлюватися і потребами розв'язання нагальних соціально-екологічних проблем.



Рис. 2 — Основні види природокористування на прирічкових територіях

Небезпеки природокористування на прирічкових територіях. Окрім вигоди, природокористування на прирічкових територіях пов'язується і з різними небезпеками, виникнення та масштаби прояву яких можуть залежати від багатьох чинників (природних, техногенних, екологічних, соціальних, економічних тощо) [18-22]. При цьому характер різних небезпек природокористування на цих територіях може обумовлюватися [20]:

- 1) недостатньою чіткістю цілей, задля яких здійснюється природокористування;
- 2) невизначеністю умов (природних, соціально-економічних, екологічних, політичних тощо), за яких здійснюється природокористування;
- 3) неповнотою знань про характер природокористування, про впливи на навколишнє середовище та людину, про особливості ресурсів, що використовуються;
- 4) суперечливістю обмежень, що накладаються на природокористування тощо.

Використання водно-земельних ресурсів прирічкових територій є одним з типових прикладів складних взаємозв'язків між різними небезпеками у природокористуванні. Для однієї й тієї ж прирічкової території одночасно можна говорити про те, що води може бути занадто багато (через небезпеку багатководдя із загрозами абразії берегів, водної ерозії, повеней, затоплень, підтоплень), занадто мало (через небезпеку маловоддя із загрозами водних дефіцитів, низьких рівнів води, виснаження ґрунтових вод, засух), і що вода занадто забруднена (через небезпеку забруднення води із загрозами епідемій, деградації зрошуваних земель, значних затрат на водоочищення тощо). Можна ідентифікувати цілий спектр асоційованих, взаємопов'язаних небезпечних явищ, інтенсифікація яких відбувається при веденні активної господарської діяльності на даних землях (рис. 3).

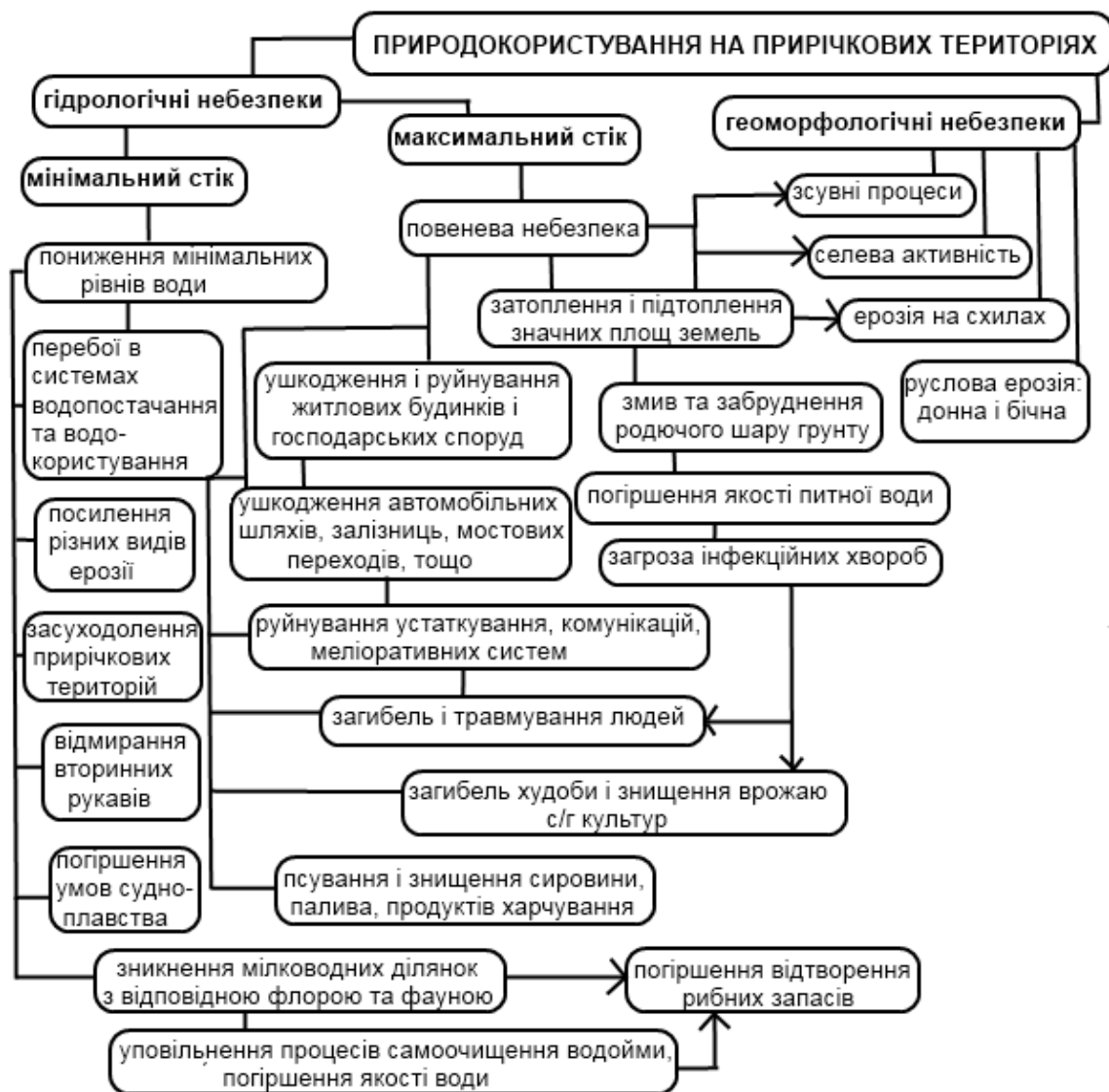


Рис. 3 — Трансформація небезпек природокористування на прирічкових територіях

Аналіз небезпек природокористування на прирічкових територіях. До найбільш небезпечних природних явищ в Україні, які пов'язані з діяльністю річок і загрожують безпеці життєдіяльності людей на прирічкових територіях, належать, насамперед, гідрологічні та геоморфологічні явища.

Гідрологічні небезпеки (небезпечні гідрологічні явища) мають відношення до двох видів гідрологічних екстремумів:

1) *максимального стоку* – надлишкового (максимального) стоку річки під час повеней, які виникають внаслідок особливо значного збільшення водності річки під час визначних висоководних фаз водного режиму (весняних водопіль, дощових чи тало-дощових паводків) або з інших причин, що призводять до стихійного підняття рівнів води в ріці;

2) *мінімального стоку* – недостатнього (мінімального) стоку в період (фазу) гідрологічного режиму водного об'єкта, при якому спостерігається зменшення його водності (маловод-

дя) або пониження рівнів води нижче за припустимі, внаслідок чого погіршуються умови забезпечення потреб у водних ресурсах.

Серед основних геоморфологічних явищ, які найбільше загрожують безпеці природокористування на прирічкових територіях, і які в тій чи іншій мірі пов'язані з діяльністю річок, слід відзначити: *ерозію на схилах* – поверхневу і яружну; *зсувні процеси*; *руслову ерозію* – донну і бічну; *селеву активність*.

Ключовим природним фактором ризику, що стримує або обмежує господарську діяльність на прирічкових територіях є повенева небезпека [23]. За кількістю людських жертв і постраждалих вона поступається лише катастрофічним землетрусам. Не контрольована господарська діяльність людини в зонах повеневої небезпеки все частіше стає причиною величезних економічних збитків та втрат. Проблему подолання повеневої небезпеки не завжди вирішує і створення сучасних систем протипаводкового захисту на прирічкових територіях, зокрема будівництво гідроспоруд (дамб, гребель, загат тощо). Гідротехнічне будівництво може стати додатковим фактором підсилення повеневої небезпеки внаслідок змін гідравлічних та гідролого-морфологічних характеристик русел річок.

Найгірший варіант при реалізації повеневої небезпеки при гідротехнічному будівництві – аварії на напірних гідроспорудах (греблях та протиповіневих дамбах). Повеневу небезпеку для захищених дамбами прирічкових територій інколи посилює зворотній гідрологічний зв'язок між підземним та поверхневим стоком [24-27]. За умов наявності такого зв'язку між підземними та поверхневими водами, при інфільтрації води з переповненого, стисненого дамбами русла в підземний стік, через пласти добре проникливих ґрунтів, спостерігається явище так званої «підземної повені» з підтопленням ніби й добре «захищених» протипаводковими дамбами угідь, населених пунктів тощо.

Небезпеки маловоддя, дефіциту стоку та мінімальних рівнів води також можуть мати актуальне значення при веденні господарської діяльності на прирічкових територіях, хоча і вважається, що низька водність завдає менших збитків господарським об'єктам та населенню, аніж повені. Залучення великих обсягів води у господарський обіг, їх забруднення і безповоротні втрати – все це порушує природний баланс більшості річкових систем, призводить до виснаження водних ресурсів у багатьох регіонах держави, все частіше закінчується втраченою самовідновлюваною здатністю водних екосистем.

Маловоддя на річках спостерігається у меженний період, коли вони переходять на живлення за рахунок підземних вод. На ріках України маловоддя може спостерігатися як улітку, так й узимку. При цьому поверхневий стік або повністю припиняється, або має найменше значення. Велике значення для формування мінімального стоку ріки має наявність у її басейні озер, лісів, боліт, а також характер водозбірного басейну. Антропогенне навантаження на прирічкові території та ріку зазвичай негативно впливає на мінімальний стік ріки. Особливий вплив має водовідведення з осушуваних земель і водозабір.

Періоди малих витрат та рівнів води (періоди межені) навіть в умовах відсутності антропогенного навантаження на річкову систему в багатьох випадках є критичними для екосистем ріки і прирічкових територій, особливо малих рік. Антропогенні впливи на водозборах

малих річок можуть суттєво змінити параметри їх мінімального стоку (режим витрат і рівнів води), які можуть відбитися і на стані середніх річок. Негативним наслідком господарської діяльності на заплаві та в руслі може бути трансформація русел річок з тенденцією до зміни режиму мінімальних рівнів води. Видобуток будівельних матеріалів (піску та гравію), а також днозаглиблювальні роботи в руслах часто спричиняють стрімке пониження мінімальних рівнів води, яке відбивається суттєвими *екологічними* та *соціально-економічними* проблемами: погіршенням якості води, умов іригації, комунального та технічного водопостачання, зменшенням чисельності рибних популяцій тощо [28].

Природними передумовами прояву геоморфологічних явищ на прирічкових територіях є особливості геологічної будови схилів долин річок і значні похили рельєфу місцевості. Найбільш активізуються геоморфологічні процеси в періоди випадання інтенсивних дощів, при формуванні й проходженні паводків, насамперед на гірських річках і в передгір'ях, але можуть активізуватися внаслідок господарчої діяльності і на рівнинних ділянках рік, де процеси денудації на схилах переважають процеси акумуляції.

Домінантними серед геоморфологічних процесів на прирічкових територіях, у більшості випадків, є ерозійно-аккумулятивні процеси, а головним чинником їх виникнення і прояву є вплив водного потоку – розмиви, підмиви, обводнення тощо. Крім природних передумов прояву небезпечних геоморфологічних явищ на прирічкових територіях, істотний вплив на їхнє поширення і темпи розвитку мають і антропогенні чинники (рис. 4).

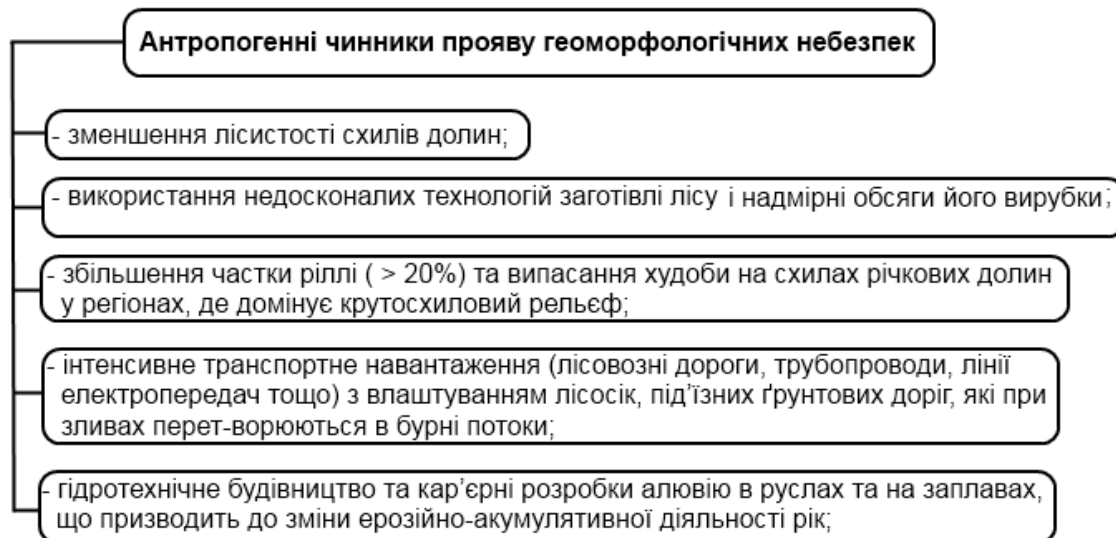


Рис. 4 — Антропогенні чинники геоморфологічних небезпек на прирічкових територіях

Ерозійні процеси на схилах в межах прирічкових територій проявляються у вигляді площинного змиву, яружної та річкової (донної і бічної) ерозії. На інтенсивність розвитку ерозійних процесів може впливати геологічна будова, стійкість порід та ґрунтів до розмиву водними потоками, рельєф місцевості, кліматичні та гідрологічні умови, рослинний покрив, господарська діяльність. Донна ерозія в руслах рік головним чином поширюється на ділян-

ках, де долини рік мають каньйоноподібний характер із значним нахилом поверхні. У більшості випадків – це верхів'я річок. У широких долинах, головним чином на середніх та нижніх ділянках рік, починає переважати бічна ерозія. У періоди паводків швидка течія річки здатна інтенсивно розмивати поверхню заплавлених терас, підмивати та порушувати стійкість берегових схилів. На деяких ріках річкова ерозія (донна, бічна) може спостерігатися на значній протяжності [29].

Зсуви зустрічаються переважно на крутих схилах, на ділянках виходів ґрунтових вод, на схилах, що підмиваються річками, в дорожніх виїмках, де проводиться штучне підрізання схилів. До зсувів схильні, переважно, четвертинні відклади. Особливо високий рівень небезпеки зсувів у долинах рік на Закарпатті [30]. Серед типів зсувів в Українських Карпатах переважають пластичні та структурно-пластичні зсуви, які розвиваються переважно в глинистому фліші та його корі вивітрювання (практично усі зсуви Карпатської гірськоскладчастої області). Значна частина зсувів на прирічкових територіях в Карпатському регіоні належить до давніх або тимчасово стабілізованих.

Виникнення молодих та активізація більшості старих зсувів у долинах річок пов'язується насамперед з антропогенним і техногенним впливом на геологічне середовище (житлове будівництво, будівництво об'єктів господарювання, підрізання схилів дорогами, розробка кар'єрів будівельних матеріалів тощо). На активізацію зсувів у долинах рік в горах і в передгір'ях серйозно може впливати і гідротехнічне будівництво, зокрема обводнення схилів при наповненні водосховищ.

Селева активність спостерігається майже на всій території складчастої області Карпат і обумовлюється такими природними факторами, як різка розчленованість басейнів гірських рік, значне падіння русел, наявність крутих схилів, слаба денудаційна стійкість флішових товщ, значна потужність пухкого матеріалу на схилах, поширення безлісних площ, великий поверхневий стік. Формуються селі в долинах рік, в основному, в літній період під час інтенсивних дощів [30].

Висновки

1. Виокремлюється дві характерні групи небезпек природокористування на прирічкових територіях: *гідрологічні* небезпеки, які пов'язані з максимальним і/або мінімальним стоком, та *геоморфологічні* небезпеки, які реалізуються у вигляді ерозійних, зсувних процесів та селевої активності.

2. Природокористування на прирічкових територіях може безпосередньо загрожувати стабільності функціонування та самовідновлення природно-територіальних комплексів, які розташовуються в межах даних територій, а також бути причиною опосередкованих (наведених) небезпечних явищ, які реалізуються внаслідок порушення в екосистемах при втручанні в природні режими діяльності ріки та річкової системи в цілому. Тісний взаємозв'язок між природними процесами, які протікають на прирічкових територіях, та природокористуванням, яке здійснюється в долинах річок, може бути причиною посилення проявів як гідрологічних, так і геоморфологічних небезпек, по відношенню як до природних екосистем при-

річкових територій, так і до природно-техногенних комплексів, створених господарською діяльністю людини.

3. Виокремлюється два основні можливі напрямки (сценарії) реалізації небезпек природокористування на прирічкових територіях:

1) *негативний вплив ріки та річкової мережі на природокористування в межах прирічкових територій*. Гідрологічні та геоморфологічні небезпечні явища, які пов'язані з природними режимами та гідравлічно-геологічними особливостями певної місцевості, а також з непрямыми наслідками діяльності людини, несуть потенційну загрозу для ведення господарської діяльності на прирічкових територіях. При цьому будь-які види природокористування на даних територіях фактично знаходяться в «зоні підвищеного ризику» по відношенню до відповідних небезпек;

2) *негативний вплив природокористування на ріку та прирічкові території*. Господарська діяльність на прирічкових територіях може стати як прямою, так і опосередкованою причиною прояву та посилення гідрологічних та геоморфологічних несприятливих явищ у долині ріки. Найбільш негативні наслідки для водних природно-територіальних комплексів проявляються у кількісних та якісних змінах у складі флори і фауни, порушенні гідрологічних режимів та змінах гідравлічних особливостей русел рік, виникненні «наведених» гідрологічних та геоморфологічних небезпек.

Список використаної літератури

1. Водний Кодекс України. Введено в дію Постановою Верховної Ради України № 213/95 від 06.06.1995 / Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 24. – Ст. 189. В редакції від 19.01.2012 р.
2. Земельний Кодекс України. Ухвалений Законом Верховної Ради України 25.10.2001 № 2768-III / Відомості ВР України. – 2002. – № 3-4. – Ст. 27. В редакції від 05.09.2012 р.
3. Вадімов В.М. Екосистемні передумови районування прирічкових територій України на основі басейнового підходу [Електронний ресурс] / В. Вадімов, А. Вадімова. – Режим доступу до статті: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/dprmu/2009_17/5_Vadimov_Vadimova.pdf.
4. Кушніренко М.М. Збереження ландшафтів прирічкових територій як умова сталого розвитку міста / М.М. Кушніренко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.12. – С. 29-33.
5. Садковская О.Е. Архитектурно-планировочная организация ландшафтов зарегулированных рек малых и средних городов юга России [Электронный ресурс] / О.Е. Садковская // ISSN 1994-0351. Интернет-вестник ВолгГАСУ. Политематическая сер. –2010. – Вып. 1 (10). Режим доступа к статье: www.vestnik.vgasu.ru.
6. Самойленко В.М. Основи системного гідроекологічного районування територій// Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія / В.М. Самойленко. Наук. зб./ Відп. ред. В.К. Хільчевський. – К.: Ніка-Центр, 2001. – Т. 2. – С. 95-110.
7. Архипова Л.М. Функціональна структура природно-техногенних гідроекосистем /

- Л.М. Архипова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.8. – С. 101-106.
8. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
 9. Федоров М.П. Экология для гидротехников / М.П. Федоров, М.Б. Шилин, Н.Н. Ролле. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, СПб ГТУ, 1992. – 90 с.
 10. Беркович К.М. Антропогенная измененность русел и размывы берегов как показатели экологической напряженности на реках России / К.М. Беркович, Р.С. Чалов, А.В. Чернов // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. – М.: Изд-во МГУ. – 1993. – С. 42-52.
 11. Беркович К.М. Взаимное влияние добычи ПГС и путевых дноуглубительных работ на судоходных реках / К.М. Беркович // Современное состояние водных путей и проблемы русловых процессов. – М.: Географ. ф-т МГУ. – 1999. – С. 41-47
 12. Дубняк С.С. Еколого-гідроморфологічний аналіз проблем підтоплення земель у зоні впливу Дніпровських водосховищ / С.С. Дубняк // Наукові праці УНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 293-307.
 13. Abbasov R.K. Analysis of non climatic origins of floods in the downstream part of the Kura River, Azerbaijan / R.K. Abbasov, R.N. Mahmudov // Natural Hazards. – 2009. – Vol. 50, Nu. 2. – P. 235-248.
 14. Авакян А.Б. Наводнения. Концепция защиты / А.Б. Авакян // Известия РАН. Серия географическая. – 2000. – № 5. – С. 40-46.
 15. Kundzewicz Z.W. Summer Floods in Central Europe – Climate Change Track? / Z.W. Kundzewicz, U. Ulbrich, T. Brücher et al. // Natural Hazards. – 2005. – Vol. 36, Num. 1-2. – P. 165-189.
 16. Nirupama N. Increase of Flood Risk due to Urbanisation: A Canadian Example / N. Nirupama, S.P. Simonovic // Natural Hazards. – 2007. – Vol. 40. – Num. 1. – P. 25-41.
 17. Надежность хвостовых хозяйств обогатительных фабрик / [С.Н. Гузенков, Д.В. Стефанишин и др.]. – Белгород: «Везелица», 2007. – 674 с.
 18. Качинський А.Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи: монографія / А.Б. Качинський; Ін-т проблем національної безпеки. Нац. акад. служби безпеки України. – К.: [б. н.], 2004. – 470 с.
 19. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г.В. Лисиченко, О.Л. Забулонов, Г.А. Хміль. – К.: Наукова думка, 2008. – 544 с.
 20. Стефанишин Д.В. Адитивна модель сукупного ризику у природокористуванні / Д.В. Стефанишин, Ю.Д. Стефанишина // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. – Вип. 1(41). – Рівне: НУВГП. – 2008. – С. 72-77.
 21. Вітлінський В.В. Економічний ризик: ігрові моделі / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко, А.В. Сігал, Я.С. Наконечний. – К.: КНЕУ, 2002. – 446 с.
 22. Сявавко М.С. Математичне моделювання за умов невизначеності / М.С. Сявавко, О.М. Рибицька. – Львів: НВФ «Українські технології», 2000. – 319 с.

23. Hsieh L.-Sh. An Assessment of Structural Measures for Flood-prone Lowlands with High Population Density along the Keelung River in Taiwan / L.-Sh. Hsieh, M.-H. Hsu, M.-H. Li // *Natural Hazards*. – 2006. – Vol. 37. – Num. 1-2. – P. 133-152.
24. Baldassarre G. Probability-weighted hazard maps for comparing different flood risk management strategies: a case study / G. Baldassarre, A. Castellarin et al. // *Natural Hazards*. – 2009. – Vol. 50. – Num. 3. – P. 479-496.
25. Трускавецький Р.С. Заходи з охорони та відтворення родючості ґрунтів на тимчасово затоплюваних нижньотерасових рівнях Карпатських рік [Електронний ресурс] / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко, В.М. Калініченко, Н.Ю. Соколова. – Режим доступу до статті: http://www.nbuu.gov.ua/portal/chem_biol/aig/2009_70/pdf/3n.pdf.
26. Сусідко М.М. Районування території України за ступенем гідрологічної небезпеки / М.М. Сусідко, О.І. Лук'янець // *Наук. праці УкрНДГМІ*. – Вип. 253. – 2004. – С. 196-204.
27. Шикломанов И.А. К проблеме оценки влияния крупных водохозяйственных проектов на окружающую среду / И.Л. Шикломанов, В.Ю. Григорьев // *Гидротехническое строительство*. – 1987. – № 10. – С. 52–55.
28. Стефанишин Д.В. Моделювання екологічного ризику зменшення чисельності рибних популяцій в ріці, де відбувається трансформація русла й падіння мінімальних рівнів / Д.В. Стефанишин, Ю.Д. Стефанишина // *Вісник НУВГП*. Збірник наукових праць. – Вип. 4 (36). – Частина 1. Рівне: НУВГП. – 2006. – С. 33-43.
29. Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області за 2008 рік» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.esoif.com.ua/dopovid.html>.
30. Ковальчук І.П. Сучасні морфодинамічні процеси у гірсько-лісових ландшафтах Українських Карпат / І.П. Ковальчук, А.Б. Михнович // *Науковий вісник УкрДЛТУ: Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля*. – Львів: УкрДЛТУ – 2004.– Вип.14.3.– С.273-285.

Стаття надійшла до редакції 24.04.13 українською мовою

© Ю.Д. Стефанишина-Гаврилюк

ОПАСНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Произведен анализ опасностей природопользования на приречных территориях на основе установления причинно-следственной связи между проведением хозяйственной деятельности в пределах данных территорий та возможности реализации негативных явлений и процессов как природного, так и техногенного характера.

© Y.D. Stefanyshina-Havryliuk

THE HAZARDS OF NATURE MANAGEMENT ON STREAMSIDE AREAS

The hazard analysis of nature management on streamside areas was made based on establishing cause-and-effect relation between economical activity on these territories and negative natural or man-caused events and processes realization.

Розділ 3. Інформаційні ресурси та системи

УДК 681.3

© С.О. Довгий, д-р фіз.-мат. наук, проф., чл.-кор. НАН України;

О.В. Копійка, канд. техн. наук, старш. науковий співробітник;

П.Б. Россов;

П.М. Сіверський, канд. техн. наук

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОПЕРАТИВНОГО АНАЛІЗУ ВИКОНАННЯ ДЕРЖАВНОГО БЮДЖЕТУ УКРАЇНИ

У статті розглянуті питання підвищення ефективності та прозорості прийняття управлінських рішень щодо бюджетного процесу в Україні на основі розробки і використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Ключові слова: бюджетний процес, бюджетний цикл, учасники бюджетного процесу, розпорядники бюджетних коштів, інформаційно-аналітичні системи, інформаційне забезпечення

Вступ

Використання сучасних технологій обробки і передачі інформації має вирішальне значення для підвищення конкурентоспроможності економіки та входження її у світову систему як на державному рівні, так і в недержавних секторах економіки. А для цього необхідно перш за все створити єдиний інформаційний простір у державі (єдину систему економічних, соціальних, промислових показників) з орієнтацією на подальшу інтеграцію у світову систему економіки [1-3].

Система державних фінансів посідає ключове місце в системі державного управління, тому впровадження інформаційних технологій у цій сфері дуже важливо.

Принципи та механізми побудови цієї системи, розподіл функцій та повноважень між суб'єктами виступають, з одного боку, чинником соціально-економічного розвитку країни, з іншого – інструментом державного регулювання [4-5].

Особливе місце в цій системі посідає бюджетний процес.

Від початку складання бюджету до затвердження звітів про його виконання весь бюджетний процес контролює ВРУ та місцеві органи самоврядування. Згідно із цим перед бюджетним плануванням ставляться такі завдання:

- найбільш повно виявити резерви у галузях народного господарства і спрямувати їх на виконання плану економічного та соціального розвитку;
- забезпечити виконання плану економічного і соціального розвитку необхідними бюджетними коштами з дотриманням оптимальних фінансових пропозицій;
- визначити обсяг доходів за окремими джерелами і загальний обсяг доходів бюджету з урахуванням резервів їх збільшення.

Мета дослідження – надати принципово нові можливості Комітету з питань бюджету Верховної Ради України щодо покращення процесів підготовки, прийняття та виконання бюджету як на державному, так і на регіональному рівні завдяки створенню та впровадженню інтелектуальної інформаційно-аналітичної системи (ІАС).

Головною складовою системи управління державними фінансами є бюджетний процес, реалізація якого в Україні на поточний час не відповідає сучасним світовим вимогам і потребує модернізації.

Ключове місце в бюджетному процесі займає Міністерство фінансів. Міністерство фінансів має широкі інформаційні зв'язки з іншими організаціями, які беруть участь в управлінні державними фінансами, розподілі коштів та контролі за їх надходженням і витратами. Узагальнена схема інформаційних зв'язків Міністерства фінансів з іншими зовнішніми організаціями (рис. 1) визначає найбільш суттєві та інтенсивні напрями взаємодії (прямокутниками на діаграмі позначені суб'єкти інформаційної взаємодії, а стрілками – інформаційні потоки).

Найбільш інтенсивний інформаційний обмін відбувається з Державним казначейством України. До Державного казначейства відправляються файли з інформацією про план бюджету та розпис бюджету, а також зміни до них, у зворотному напрямку надається інформація про фактичні показники виконання бюджету.

Державна контрольно-ревізійна служба надає Міністерству фінансів інформацію про витрати бюджетних коштів не за призначенням або з порушенням бюджетного законодавства, а також визначає стягнення до державного бюджету у разі виявленні порушень.

Державна податкова адміністрація (зараз Міністерство доходів і зборів України) надає Міністерству фінансів показники податкової звітності платників податків та дані про стан розрахунків зі сплати податків, зборів та обов'язкових платежів.

Державна митна служба надає Міністерству фінансів інформацію про фактичне надходження доходів до державного бюджету, яка містить відомості про митні збори та дані про експортні та імпорتنі операції за основними товарними групами.

Міністерство економіки та з питань європейської інтеграції (зараз Міністерство економічного розвитку і торгівлі України) надає Міністерству фінансів планові показники економічного розвитку України в цілому та її регіонів зокрема, а також фактичні значення цих показників. За цими матеріалами Міністерство фінансів проводить розробку бюджетної політики.

З Верховною Радою України та Кабінетом Міністрів України проводиться обмін нормативними та аналітичними документами, які використовуються при управлінні державними фінансами.

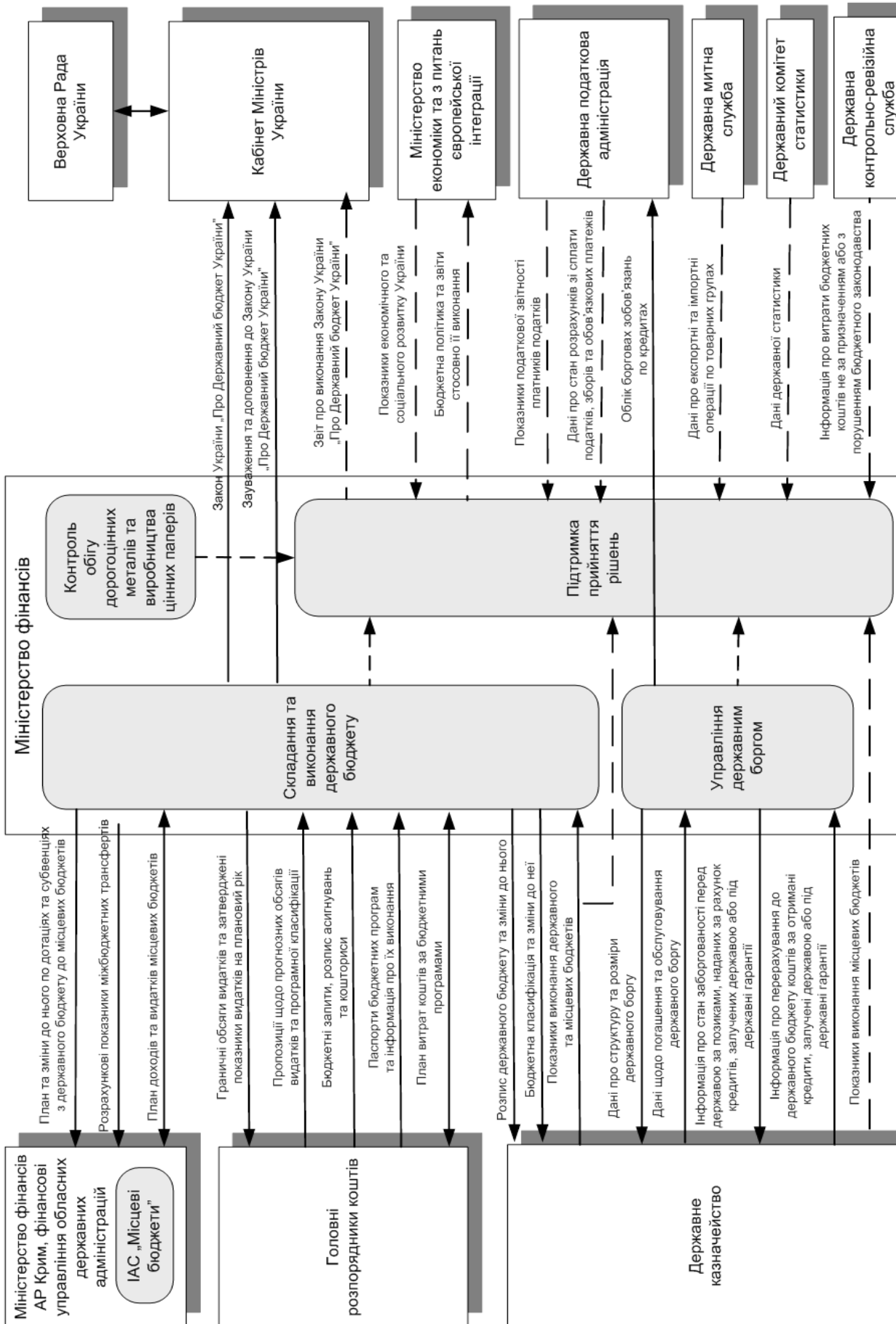


Рис. 1

Головним розпорядникам коштів надаються граничні обсяги видатків державного бюджету. У свою чергу розпорядники надають Міністерству фінансів проект плану витрат коштів за бюджетними програмами, який потім узгоджується в Міністерстві фінансів та повертається головним розпорядникам.

Фінансові управління в Міністерстві фінансів Автономної республіки Крим, обласних державних адміністраціях, в містах Києві та Севастополі визначають план видатків та доходів місцевих бюджетів та надають їх Міністерству фінансів. Від Міністерства фінансів фінансовим управлінням надаються план та зміни до нього по дотаціях та субвенціях з державного бюджету до місцевих бюджетів.

Забезпечення ефективності функціонування бюджетної системи на рівні сучасних світових вимог передбачає:

- досягнення якісно нового рівня стратегічного бюджетного планування, визначення середньострокової податково-бюджетної стратегії, взаємоузгодженої із середньостроковими проектами соціально-економічного розвитку держави та її регіонів, секторів економіки та сфер економічної діяльності;

- вдосконалення методології прогнозування дохідної і видаткової частин державного та зведеного бюджетів на середньо- та довгостроковий періоди відповідного до макроекономічного прогнозу розвитку економіки та стратегії соціально-економічного розвитку країни;

- упорядкування процедур складання та затвердження бюджету;

- розширення застосування програмно-цільового методу бюджетування, що забезпечуватиме досягнення середньострокових стратегічних завдань та цілей;

- удосконалення механізму стратегічного та поточного планування видатків бюджету на інвестиційну та інноваційну діяльність, підвищення економічної ефективності капіталовкладень та покращення впровадження і підвищення відсотка виконання схвалених капітальних проектів;

- зменшення диспропорції в соціально-економічному розвитку окремих регіонів шляхом удосконалення системи міжбюджетних відносин, а також розподілу функцій та повноважень між центральним та місцевими бюджетами;

- удосконалення системи бюджетної класифікації та гармонізація з міжнародними стандартами;

- удосконалення системи державних закупівель;

- удосконалення управління грошовими коштами та державним боргом з підвищенням його ефективності.

Зрозуміло, що усі зазначені результати можуть бути досягнуті лише на новому рівні законодавчого, методологічного та інформаційного забезпечення.

Рівень методологічного та наукового забезпечення підготовки та виконання Державного бюджету України має домінуючий вплив як на стан розвитку фінансово-економічної структури держави в цілому, так і на переважну більшість складових державотворення: соціальний захист, охорону здоров'я, освіту, науку, оборону, безпеку, тощо.

Процес складання бюджету є трудомісткою та конфліктною задачею, ефективно розв'язання якої практично неможливе без використання найсучасніших новітніх досягнень в галузях економіки, математики, інформатики тощо. Існуюча на сьогодні в державі практика фактично "ручної" підготовки проекту та виконання бюджету без широкого застосування проблемно-орієнтованих моделей економічного розвитку, прогнозних розрахунків, аналізу альтернативних варіантів не дозволяє знаходити найбільш оптимальний шлях вирішення цієї однієї з найважливіших задач загальнодержавного значення.

Значною мірою це пов'язано не тільки з відсутністю нормативно-методологічної бази, необхідної для забезпечення усіх етапів бюджетного процесу, але й відсутністю комп'ютеризованих систем підтримки прийняття рішень, проблемно-орієнтованих на бюджетний процес, які б забезпечували більш ефективну реалізацію основних засад існуючого законодавчого та методологічного забезпечення.

Саме тому за існуючої системи розробки Державного бюджету неминучі похибки, що призводять до значних фінансових втрат і, як наслідок цього, до зростання соціальної напруги в суспільстві, неефективного використання бюджетних коштів та інших негативних явищ. Тому практично в усіх розвинутих країнах світу процес складання Державного бюджету підтримується найбільш передовими інформаційно-телекомунікаційними технологіями (ІКТ) різного призначення. На сьогодні такому підходу до складання Державного бюджету немає альтернативи.

На жаль, зазначені ІКТ досі не набули широкого застосування як в системі управління державними фінансами взагалі, так і в Комітеті Верховної ради України з питань бюджету (Комітет).

Таким чином, існують дві основні складові забезпечення бюджетного процесу, які потребують модернізації:

- законодавчо-методологічна;
- інформаційно-аналітична.

Зупинимось на проблемах інформаційно-аналітичної складової забезпечення діяльності Комітету.

Основними етапами роботи Комітету з Бюджетом є:

- підготовка Бюджету;
- прийняття Бюджету з урахуванням пропозицій Комітетів Верховної Ради України, фракцій та народних депутатів;
- моніторинг і поточний аналіз виконання Бюджету;
- внесення змін (в разі необхідності) до Бюджету;
- аналіз впливу проектів Законів України, поданих на розгляд Верховної Ради України, на Бюджет;
- участь у підготовці звіту про виконання Бюджету.

На кожному із зазначених етапів роботи Комітету виникають певні проблеми, які можливо розділити на дві групи:

- оперативні;

- стратегічні.

До оперативних проблем належать:

- відсутність інтеграції баз даних учасників бюджетного процесу (Міністерства фінансів, Держказначейства, ГоловКРУ, Державної податкової адміністрації, Державного митного комітету (зараз Державна митна служба України), Мінекономіки, Держкомстату, Рахункової Палати, головних розпорядників бюджетних коштів та Комітету);

- відсутність єдиного та достатнього державного реєстру класифікаторів та механізму автоматизованого відслідковування внесення змін до відомчих класифікаторів.

Наявність зазначених проблем призводить до:

- значних витрат часу на підготовку аналітичних звітів на усіх етапах бюджетного процесу та довідок по запитах членів Комітету;

- унеможливлення забезпечення інформаційної підтримки засідань Комітету в реальному часі;

- відсутність можливості у керівництва Комітету, Секретаріату, народних депутатів отримувати необхідну інформацію в режимі віддаленого користування.

Усунення цих недоліків суттєво вплине на поточну роботу Комітету, особливо на етапі виконання Бюджету. Але усунення цих недоліків не зможе суттєво вплинути на ефективність процесу підготовки головної складової бюджетного процесу – підготовку Бюджету. Це обумовлено існуючою нормативною базою підготовки Бюджету та існуючими формами її документальної звітності. Головні розпорядники бюджетних коштів надсилають до Міністерства фінансів проекти бюджетних запитів на наступний бюджетний рік у вигляді форм на папері, пояснювальних записок, обґрунтувань державних та відомчих програм (до Мінекономіки) і копії цих документів на електронних носіях.

Оброблення цих записів здійснюється людиною з використанням комп'ютерів, але тільки для відображення інформації. Тобто, практично без необхідної інформаційної підтримки, а саме, проведення прискіпливого аналізу наданих пропозицій, очікуваних результатів, можливості історичного аналізу запитів, зіставлення із запитами інших замовників тощо.

Крім того, як процес оброблення бюджетних запитів, так і окремі його етапи ненормовані, тому відсутня оцінка, скільки треба людей для адекватного опрацювання та аналізу одного та усіх бюджетних запитів. Але, безумовно, можна стверджувати, що на сьогодні за наявної кількості виконавців, які займаються підготовкою та опрацюванням бюджетних запитів, ефективний всебічний об'єктивний та ретроспективний аналіз як бюджетних запитів, так і проекту Бюджету неможливий внаслідок відсутності необхідної кількості виконавців та неможливості її забезпечити.

Існує ще один варіант впливу людського фактору на якість підготовки бюджету. На жаль, за часи незалежності Бюджет України часто ставав заручником політичних ідей і лозунгів правлячих партій та виконував функцію обслуговування політичних обіцянок.

Неодноразово це призводило до погіршення якості бюджету з точки зору показників економічного розвитку. Відсутність цілеспрямованої послідовної економічно - бюджетної політики призвела до того, що на момент початку кризи 2008 року економіка України була

повністю до неї не готова та отримала один з найгірших прогнозів від Світового Банку.

Крім того, на якість проекту Бюджету завжди буде суттєво впливати людський фактор. Тому до головних стратегічних проблем удосконалення інформаційного забезпечення бюджетного процесу, на нашу думку, завдяки суттєвому зменшенню впливу суб'єктивного людського фактору на підготовку Бюджету належать:

- надання усіх документів бюджетних запитів у вигляді, придатному до здійснення автоматизованого комп'ютерного оброблення зазначених документів;
- формулювання аналогічних вимог і до Закону про Бюджет;
- забезпечення доступу не тільки до документів бюджетних запитів головних розпорядників бюджетних коштів, але й до бюджетних запитів усіх бюджетних установ, які надходять головному розпоряднику бюджетних коштів;
- обов'язкове впровадження державних та галузевих вимірюваних показників очікуваних результатів програм усіх рівнів.

Саме для вирішення вищезазначених задач були розроблені підсистеми «Моніторинг та аналіз процесу підготовки та виконання бюджету», «Сховище даних» та «База первинних даних».

При створенні зазначених підсистем були розроблені:

- архітектури підсистем;
- моделі баз первинних даних та сховища даних;
- довідники класифікаторів параметрів; шаблони та генератори звітів.

Підсистеми націлені на розв'язання:

- 1) Задач, що вирішуються під час розгляду та прийняття проекту Закону про Державний бюджет України на наступний рік.
- 2) Задач аналізу доходної частини Державного бюджету України.
- 3) Задач аналізу видаткової частини Державного бюджету України.
- 4) Задач аналізу виконання Державного та місцевих бюджетів.

Розроблені підсистеми встановлені в Комітеті. Здійснено тестування підсистем та їх уведення в дослідну експлуатацію. Проведене авторське супроводження та навчання користувачів роботі з підсистемами.

Впровадження результатів дозволило:

- 1) агрегувати і використовувати інформаційні потоки, які пов'язані із соціальною та фінансово-економічною сферами, для обробки й верифікації інформації та побудови на цій базі прогнозів;
- 2) формувати ефективну бюджетну політику на державному та регіональному рівнях;
- 3) створити бази даних, які дозволять приймати важливі рішення на більш об'єктивній науковій основі;
- 4) організувати систематичну роботу корпусу експертів;
- 5) забезпечити необхідною науковою та інформаційною підтримкою державні структури для підвищення ефективності їх роботи;
- б) координувати роботу ряду наукових та інформаційних структур, надавати керівниц-

тву країни обґрунтовані можливі сценарії розвитку суспільства для підвищення ефективності управління;

7) організувати системний синтез наявної інформації на основі існуючого в Україні наукового потенціалу та використання нових інформаційних технологій;

8) значно скоротити час на прийняття ефективних управлінських рішень.

Список використаної літератури

1. UN Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). (2010). United Nations e-government survey 2010. Leveraging e-government at a time of financial and economic crisis (ST/ESA/PAD/SER.E/131). New York: Retrieved from <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan038851.pdf>
2. UN, World Summit on Information Society. (2005). Tunis agenda for information society (WSIS-05/TUNIS/DOC/6(Rev. 1) - E). Retrieved from <http://www.intgovforum.org/mandate.htm>
3. Про затвердження плану заходів з виконання завдань, передбачених Законом України “Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки”: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 серп. 2007 р. № 653-р [Електронний ресурс].- Режим доступу : <http://www.kmu.gov.ua>.
4. Довгий С.О., Копійка О.В., Черепін Ю.Т. Засади регіональної інформатизації. – К.: ВПЦ “Тираж”, 2004.
5. Довгий С.О., Калінін В.М., Копійка О.В. Автоматизована система для підтримки прийняття рішень при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. Київ, 1996.

Стаття надійшла до редакції 24.04.13 українською мовою

© С.А. Довгий, О.В. Копейка, П.Б. Россов, П.М. Сиверский
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
МОНИТОРИНГА И ОПЕРАТИВНОГО АНАЛИЗА ВЫПОЛНЕНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТА УКРАИНЫ

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности и прозрачности принятия решений относительно бюджетного процесса в Украине на основе разработки и использования современных информационно-коммуникационных технологий.

© S.O. Dovgyi, O.V. Kopyyka, P.B. Rossov, P.M. Siverskyi
THE MAIN ELEMENTS OF INFORMATION SUPPORT FOR MONITORING AND
OPERATIONAL ANALYSIS IMPLEMENTATION
OF THE STATE BUDGET OF UKRAINE

The article deals with the questions of efficiency and transparency of management decisions in the Ukrainian budget process through the development and usage of modern information and communication technologies.

УДК 004.942, 528.88.04

© В.Ю. Вишняков, аспірант;

О.Є. Стрижак, канд. техн. наук;

О.М. Трофимчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН України

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ПРИ СТВОРЕННІ ІНСТРУМЕНТІВ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

У статті розглянуті питання онтологічно розподілених інформаційних процесів. Описуються інструменти обробки космічних знімків з метою визначення температурних аномалій. На основі онтологічного моделювання визначаються класи тематичних об'єктів, які відносяться до процесу екологічного моніторингу. Визначаються засоби формування онтологічних описів у геоінформаційних доданках. Описується алгоритм інкапсуляції програмних засобів у середовище розподіленої інформаційної системи. Надається приклад побудови і застосування мережевого графу при роботі з розподіленими просторовими та семантичними інформаційними ресурсами і їх супроводу в середовищі геоінформаційної системи. Надаються технологічні характеристики системи, яка забезпечує семантичну інтерпретацію космічних знімків.

Ключові слова: онтологія, геоінформаційні системи, космічні знімки, мережевий граф

Усвідомлення сьогоденних глобальних екологічних проблем змушує світову спільноту шукати шляхи виходу з кризової ситуації. Висновок про необхідність переходу цивілізації до екологічно збалансованого розвитку має безпосереднє відношення до небезпеки, що загрожує людській цивілізації. Ідея глобального моніторингу навколишнього природного середовища людини була висунута в 1972 р. на Стокгольмській конференції і знайшла відгук у документах Конференції ООН в Ріо-де-Жанейро у 1992 р. [1].

Особливої уваги потребують об'єкти з високою витратою енергії (атомні й теплові електростанції, системи міського і промислового теплопостачання, нафтогазові промисли, металургійні підприємства). Вони характеризуються підвищеною тепловіддачею в навколишнє середовище, отже, мають підвищену інтенсивність довгохвильового випромінювання. Це відкриває можливість широкого застосування методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), які використовують ІЧ-тепловий діапазон електромагнітних хвиль для моніторингу цих об'єктів [2].

Ефективність сучасної організації фонового, загального і кризового моніторингу можна істотно підвищити, якщо доповнити її технологіями космічного моніторингу ґрунтів, а отримані при цьому геопросторові дані обробляти із залученням програмних інструментів сучасних геоінформаційних систем [1-3, 7]. При цьому відкриваються можливості не тільки оперативно отримувати дані про просторово-часові розподіли параметрів екологічного стану під впливом антропогенних і природних чинників, а й застосовувати зручні форми їх надання користувачам у вигляді візуалізованих тематичних картографічних моделей. Ці моделі забезпечують зручний доступ до атрибутивних даних кожного з чинників забруднення, які можуть існувати в текстовій або табличній формах [3].

Таким чином, актуальною проблемою космічного моніторингу території України є проектування та створення ефективних геоінформаційних доданків на основі застосування сучасних методів і засобів визначення температурних процесів та інтеграції семантик просторово-розподіленої інформації і даних. Для вибору методів необхідно було визначитися з наявними даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу.

Аналіз існуючих даних ДЗЗ з космосу дозволив визначитися з переліком доступної інформації, а саме знімків з приладів - AVHRR (космічний апарат NOAA (США)); MODIS (космічний апарат TERRA (США)); БСП та ССІЧ (космічний апарат Січ-2 (Україна)).

Таблиця 1 — Основні тактико – технічні характеристики

Пристрій (name scan)	AVHRR	MODIS	(БСП/ССІЧ)
Характеристики (параметри)			
Смуга огляду, км (capture)	3000	2330	46,6/55,5
Радіометричне розрізнення, біт (bit)	10	12	8
Просторове розрізнення, м (size)	1100	NIR-250-1000 SWIR-500 TIR-1000	7,8/39,5
Кількість спектральних каналів в ІЧ діапазоні	NIR-1 SWIR-1 TIR-2	NIR-6 SWIR-3 TIR-16	NIR-1 SWIR-1 TIR-0

*NIR-ближній, SWIR-середній, TIR-дальній (температурний)

Процес обробки інформації, що міститься у кожному знімку з космічного апарату (КА), складається з певних кроків, які включають у себе обробку даних растрових каналів, структурування та класифікацію отриманої інформації за певними семантичними характеристиками і прийняття рішення стосовно отриманої семантики [8].

Кожний знімок у цьому процесі розглядається як певна множина M , яку можливо описати, як

$$M = (N, P, D, T) \tag{1}$$

де $N = (name, number, turn)$ – параметри КА (відповідно назва, номер, виток);

$P = (name\ scan, size, bit, capture, A_k)$ – параметри приладу, яким здійснювалася зйомка (назва сканеру, просторове розрізнення, радіометричне розрізнення, смуга огляду, растрові канали);

$D = (dd, mm, yyyy)$ – дата зйомки (число, місяць, рік);

$T = (hh, mm, ss)$ – час зйомки (години, хвилини, секунди).

З метою отримання подальшої інформації використовуються множини растрових каналів $A = \{A_k | k=1..m\}$, кожна з яких складається з об'єктів - $a_{x,y}$, де a – яскравість пікселя зображення, а x, y – декартові координати відповідного пікселя.

Для визначення з множин A множин аномальних пікселів B з одного знімка застосовуються певні правила відображення a , в якості яких виступають методи моніторингу пожеж.

Найбільш відомими пороговими методами виділення осередків пожеж є [6,7]:

Метод Кауфмана (1991 рік):

$$A_3 > 316, A_3 - A_4 > 10, A_5 > 250, \quad (2)$$

де A_3, A_4, A_5 - радіо-яскравісна температура в 3 -, 4 - і 5-му каналах апаратури AVHRR відповідно.

Метод Франса (1993 рік):

$$A_3 > 320, A_3 - A_4 > 15, 0 < (A_3 - A_4) < 5, A_1 > 9\%, \quad (3)$$

де A_1 - значення альбедо в 1-му каналі.

Метод Кеннеді (1994 рік):

$$A_3 > 320, A_3 - A_4 > 10, A_2 < 16\%, \quad (4)$$

де A_2 - значення альбедо в 2-му каналі.

Якщо елемент розрізнення задовольняє умовам алгоритму, то він відноситься до класу пожеж; якщо ж не задовольняє хоча б одній з цих умов, то - до фону [5].

За даними MODIS застосовується **метод MOD14** (Thermal Anomalies/Fire - теплові аномалії /пожежі), який дозволяє отримати інформацію про джерела пожеж на момент зйомки. Метод полягає в абсолютному детектуванні пожежі на основі даних, одержаних в діапазонах 4 мікрметри (канали MODIS номер 21 і 22) і 11 мікрметрів (канал MODIS номер 31) з розрізненням 1 км (якщо його потужність достатня для детектування) та на детектуванні фонових значень (для обліку мінливості температури поверхні та відбивання сонячного світла). Для визначення помилкових спрацьовувань, таких як сонячні відблиски або незамасковані ділянки берегової лінії, а також для маскування хмар застосовуються додаткові канали 1

і 2 (250 - метрові знижені до розрізнення 1 км, діапазони 0.65 і 0.68 мікрометра), також 500 - метровий 7 канал (діапазон 2.1 мікрометра) і канал MODIS номер 32 (розрізнення 1 км, діапазон 12 мікрометрів) [6].

За даними Січ-2 запропоновано застосування **методу індикаційного дешифрування** за димовим шлейфом.

Таким чином, множина $b_{x,y} \subset a_{x,y}$. Якщо прийняти \bar{B} за множину аномальних пікселів за всю добу, то $\bar{B} = B_1 \cup \dots \cup B_i$.

Множину імен температурних аномалій буде представлено як $I = N(\bar{B})$.

Аналогічно з множин A_k визначаються множини пікселів хмарності \bar{H} та водної поверхні \bar{V} з одного знімка із застосуванням відповідних правил відображення β та ν , в якості яких виступають методи їх визначення.

Для опрацювання отриманих просторових даних необхідно включити до геоінформаційного доданку відповідні програмні модулі, які забезпечать їх структурування і семантичну класифікацію. Для цього побудуємо онтологічну модель процесу обробки космічних знімків.

Онтологічна модель [4,5] в нашому випадку включає в себе – множину M , множину R , яка включає в себе певні відношення між об'єктами множини M , функтор F (забезпечує відображення підмножин множини M зі збереженням їх структур), множину порогових методів виділення осередків пожеж D , які описані вище), множину растрових каналів A , певні визначення множини аномальних пікселів B , та R_s -множину обмежень застосування порогових методів D та функтору F [6].

$$O = \langle M, R, F, A(D, R_s) \rangle \quad (5)$$

Введемо якісні характеристики процесу застосування порогових методів D як певну систему обмежень, яка задається на множині аномальних пікселів B . Ці якісні характеристики складають певну кінцеву множину \bar{G} , до якої послідовно входять наступні поняття: дата, час виявлення, час локалізації, країна, область, район, населений пункт, опис, широта, довгота, тип поверхні, площа кожної пожежі.

$$\bar{G} = (\text{Date, Time}_s, \text{Time}_e, \text{Country, Obl, Reg, City, Extra, Lat, Lon, Land, Sqr}).$$

Якщо провести порівняльний аналіз множини \bar{G} та I , то додатково виявляються наступні множини, які входять до множини аномальних пікселів B :

- хибних температурних аномалій \bar{IH} ;
- визначених пожеж за даними ДЗЗ \bar{GV} ;
- невизначених пожеж за даними ДЗЗ \bar{GN} .

$$\bar{GN} \cup \bar{GV} = \bar{G};$$

$$S_N(\bar{B}) = \overline{BH \cup GV}.$$

Усі елементи наведених множин інтерпретуються відповідними шарами геоінформаційної системи. Відмінною рисою географічних інформаційних систем є наявність у їхньому складі специфічних методів аналізу просторових даних, що в сукупності із засобами введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово-координованої інформації та її семантикою складають основу технології географічних інформаційних систем чи ГІС-технології. Саме наявність сукупності здатних генерувати нове знання на основі застосування специфічних методів аналізу з використанням як просторових, так і непросторових атрибутів і визначає головну відмінність ГІС-технології від інших технологій [8]. З цією метою в якості вхідних даних також запропоновано використання картографічних матеріалів, а саме векторних шарів:

- Країн;
- Областей;
- Районів;
- Населених пунктів;
- Лісів та садів;
- Водойм та річок.

Отримані множини приводяться у відповідність з множинами $(Lat)^-$ широти й $(Lon)^-$ довготи та визначають відповідні атрибути з множини картографічного матеріалу $K^- = (Country, Obl, Reg, City)$, де відповідно країна, область, район, населений пункт.

Функціональні зв'язки між елементами множини, що представлені відповідно у формулах 1 і 2, визначають певні процедури процесу обробки космічних даних ДЗЗ з питань визначення температурних аномалій. Однак їх визначення потребує більш детального аналізу функціонування ГІС як єдиної автоматизованої підсистеми збирання, оброблення даних визначення температурних процесів на території України за даними космічної зйомки.

Для цього розглянемо декартів добуток елементів множини M, A і $R - M \times A, M \times R$, результатом якого є множини семантичних відношень та множина функцій-інтерпретаторів (якими є алгоритми дешифрування).

$$m_i \times a_j = r_k \Big]_{r_k \neq 0} \tag{6}$$

$$M \times R \rightarrow m_i \times r_k \rightarrow f \in F \tag{7}$$

Відповідно отримуємо множину Θ , елементами якої є онтології, які описують семантику процесів моніторингу температурних явищ – $\Theta = \bigcup \theta$. Отримана множина онтологій Θ визначається як єдина онтологічна модель взаємодії процесів вирішення задач моніторингу.

Процедура об'єднання онтологічних моделей процесів моніторингу температурних явищ базується на основі наступного твердження: *множина функцій інтерпретації об'єднаної онтології не є об'єднанням множин функцій інтерпретації онтологій, що об'єднуються*. Формально ця теза представлена у вигляді виразу (8), де $F' \subseteq F$

$$\begin{aligned} & \cup O_i \\ & \cup M_i \times R_j \rightarrow F' \\ & \cup R_i \end{aligned} \tag{8}$$

Тобто процедура об'єднання онтологічних моделей забезпечує уніфіковану інтерпретацію температурних явищ і за рахунок порівняння з множиною фактичних пожеж, як певних образів температурних явищ, підтримує коректне виявлення з множини температурних явищ безпосередньо пожеж.

Представлення процесу обробки даних визначення температурних явищ як функціонування певної інформаційної системи, у вигляді онтологічного графу (онтограф) [4,5], забезпечило локалізацію таксономічних невизначеностей на рівні входу й виходу певних автоматизованих робочих місць мережної інформаційної системи, які визначають неможливість безпосередньо визначити певне відношення між об'єктами чи процесами. Для цього була визначена певна множина термів онтології процесу моніторингу температурних явищ. Онтологічна модель дозволила визначити 19 додаткових таксономічних невизначеностей у вигляді термів-вершин онтологічного графу. Розгляд цих вершин як таксономічних невизначеностей забезпечує синхронізацію смислових сутностей, що, в свою чергу, дозволяє оптимізувати умови переходу й дозначити класифікацію об'єктів в онтологічній моделі.

Під таксономічною невизначеністю будемо розуміти особливий випадок формування ієрархічних відношень між термами-об'єктами, який виникає у процесі індуктивної побудови відношень між термами онтологічного графу. При цьому слід врахувати, що ці терми-об'єкти належать певним класам (розглядаються класи, які мають спільні об'єкти).

На рис.1 наведено приклад визначення таких таксономічних невизначеностей у вигляді вершин, які мають символ \$, як першу літеру імені. Розглянемо вершину \$14 онтологічного графу, що був побудований. Загальні класи та терми-об'єкти відповідної онтології, що пов'язані з вершиною \$14, представлено в таблиці 2.

На рис. 2 відокремлено об'єкти, пов'язані вершиною \$14. Субмножини цієї вершини представлені на рис. 3, супермножини – на рис. 4. Таблиці 3, 4 відображають відповідні об'єкти з класами. Окремо представлено вершину \$14 з вхідними та вихідними даними на рис. 5 та представлено таблицю 5 класів та об'єктів з означеною функціональністю (функціональний автомат зі входом та виходом).

Для означення вказаної вершини онтологічного графу до множини М введено додатковий терм-об'єкт - «Програма визначення Бази даних гарячих об'єктів» (рис. 6), який має парне відношення з іншими об'єктами мережної інформаційної системи, яке представлено в таблиці 6 з класами та об'єктами, що застосовуються для поєднання незв'язаних об'єктів.

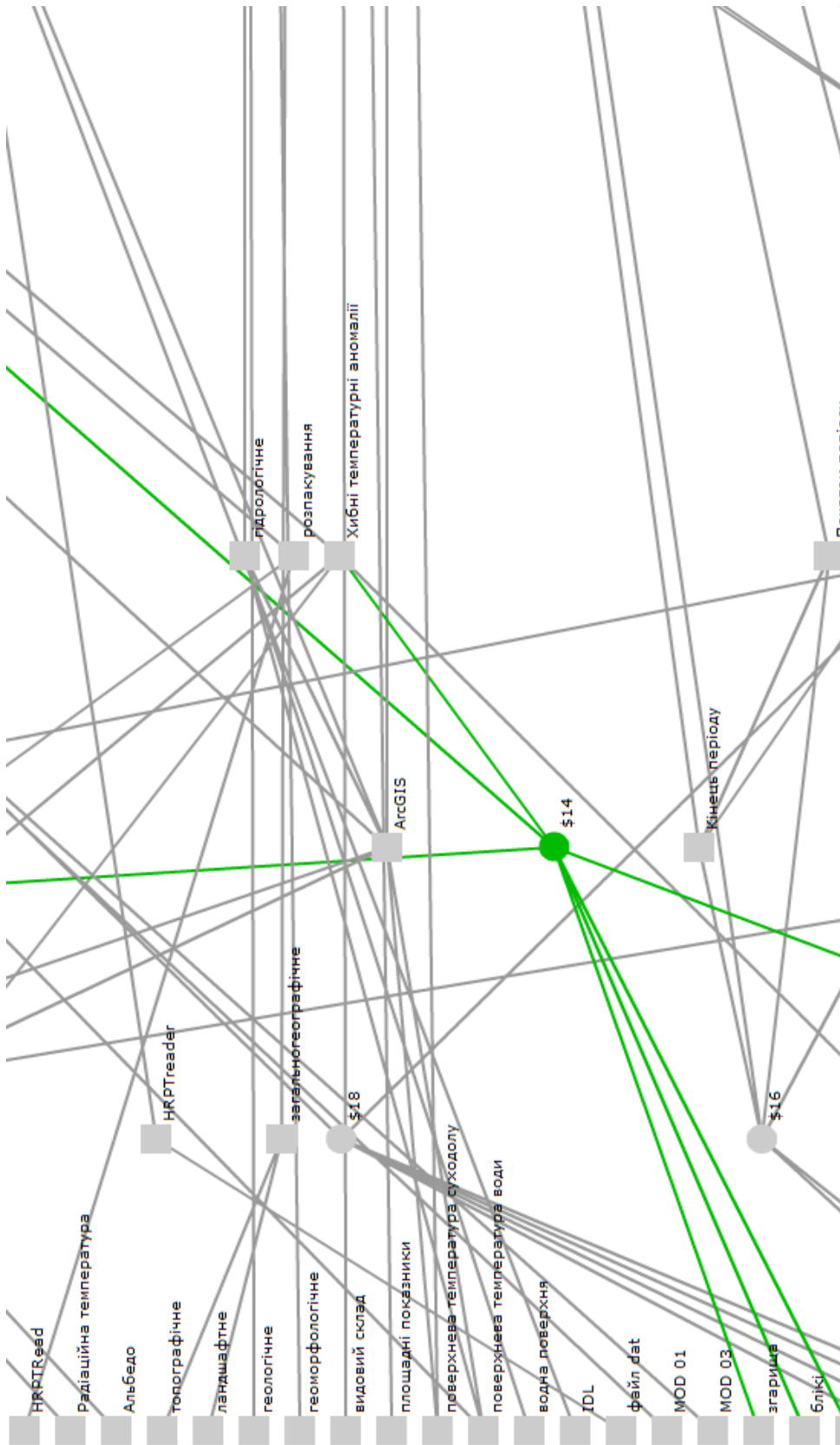


Рис. 1 — Фрагмент загального графу з невизначеною вершиною \$14

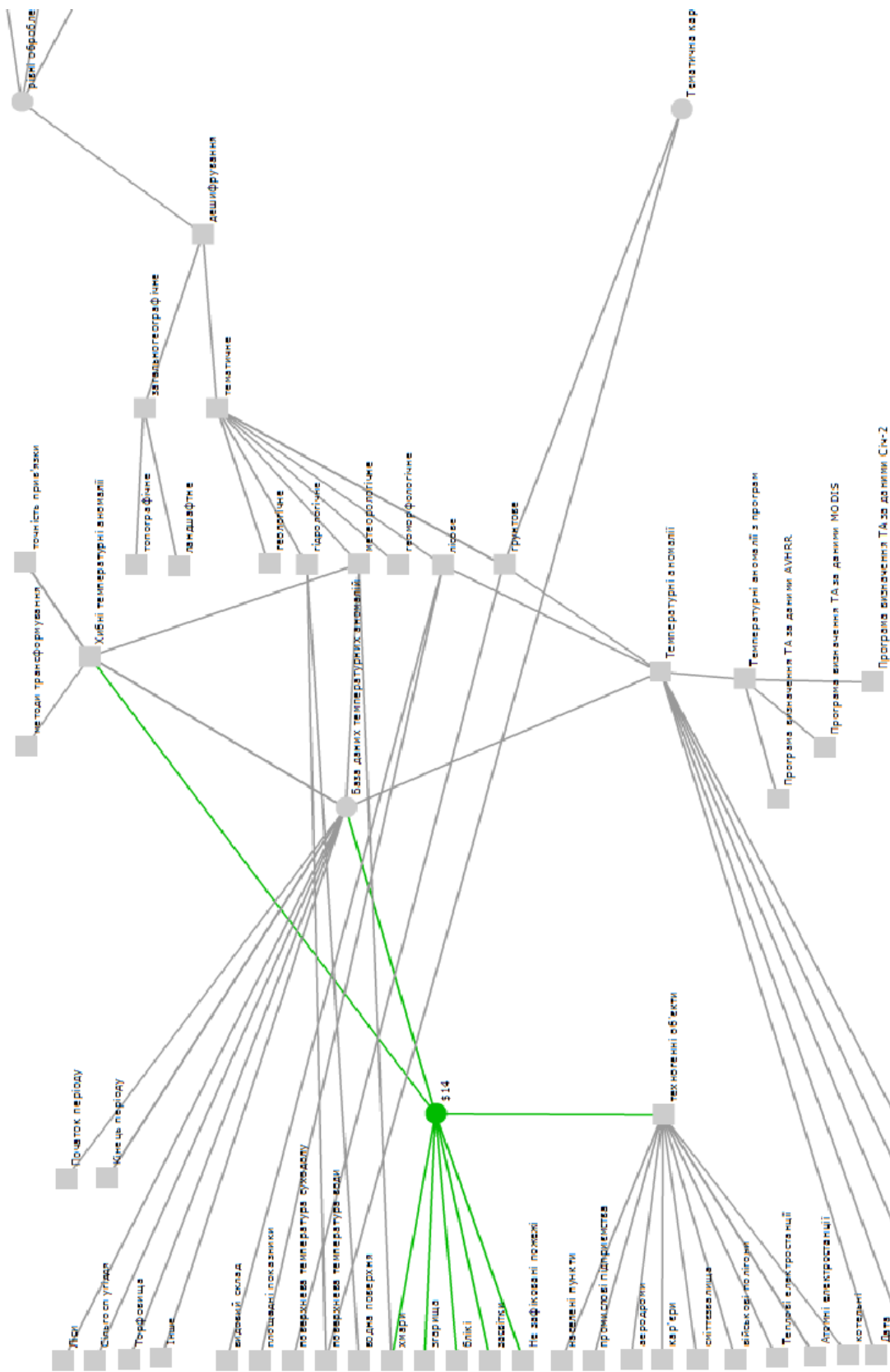


Рис. 2 — Формалізований граф з вершиною § 14 новий

Таблиця 2 — Загальні класи об'єкти, пов'язані з вершиною \$14

№	Базовий елемент онтології	Клас	Елементи, що зв'язані з базовим														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	рівні оброблення	процеси оброблення по рівням	розпакування	нормалізація	географічна прив'язка	дешифрування											
2	дешифрування	дешифрування буває	загально-географічне	тематичне													
3	загально-географічне	загальногеографічне	топографічне	ландшафтне													
4	тематичне	види тематичного дешифрування	геологічне	лісове	грунтове	гідрологічне	геоморфологічне	метеорологічне									
5	лісове	лісового стану	температурні аномалії	видовий склад	площадні показники												
6	грунтове	стану ґрунтів	поверхнева температура суходолу	температурні аномалії													
7	гідрологічне	гідрологічних показників	поверхнева температура води	водна поверхня													

Продовження таблиці 2 — Загальні класи об'єкти, пов'язані з вершиною \$I4

№	Базовий елемент онтології	Клас	Елементи, що зв'язані з базовим																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
8	метеорологічне	метеорологічних об'єктів	хмари																
9	тематична карта	шари тематичної карти	температурні аномалії	поверхнева температура суходолу	поверхнева температура води														
10	База даних температурних аномалій	об'єкти бази даних температурних аномалій	температурні аномалії	хибні температурні аномалії	техногенні об'єкти	згаріща	блікі	засвітки	хмари	незафіксовані пожежі	ліси	сільгоспугіддя	торфовища	інше					
11	температурні аномалії	об'єкти температурних аномалій	дата	час	широта	довгота	сканер	температурні аномалії з програм											
12	хибні температурні аномалії	об'єкти хибних температурних аномалій	точність прив'язки	методи трансформування	техногенні об'єкти	згаріща	блікі	засвітки	хмари	незафіксовані пожежі									
13	техногенні об'єкти	техногенно небезпечні об'єкти	населені пункти	промислові підприємства	аеродроми	кар'єри	сміттєзвалища	військові полігони	теплові електростанції	атомні електростанції	котельні								



Рис. 3 — Субмножини невизначеної вершини \$14 в онтографі

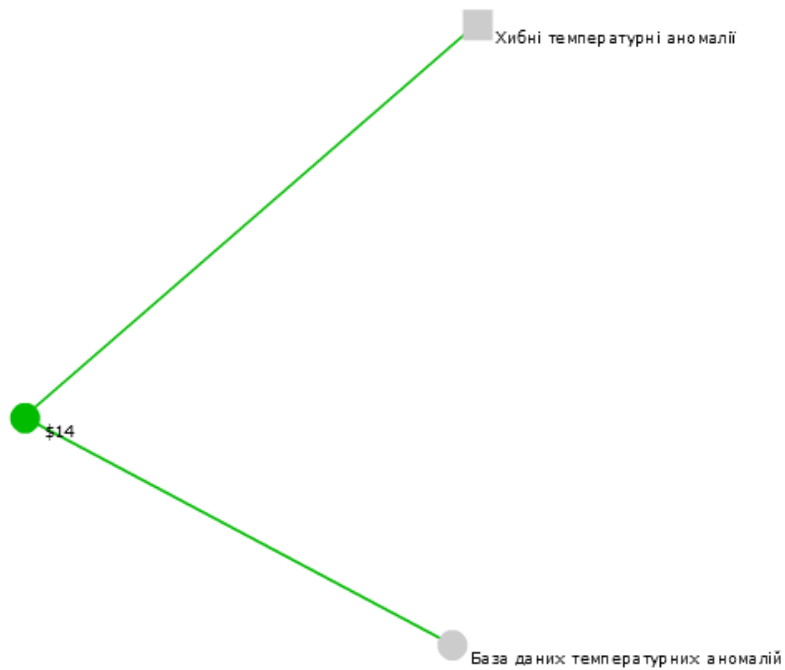


Рис. 4 — Супермножини невизначеної вершини \$14 в онтографі

Таблиця 3 — Субмножини та їх класи невизначеної вершини \$I_4\$

Субмножини	Клас
Аеродроми	техногенні об'єкти
Атомні електростанції	техногенні об'єкти
Блікі	техногенні об'єкти
військові полігони	техногенні об'єкти
Засвітки	техногенні об'єкти
Згарища	техногенні об'єкти
Інше	техногенні об'єкти
кар'єри	техногенні об'єкти
Котельні	техногенні об'єкти
населені пункти	техногенні об'єкти
Незафіксовані пожежі	Температурні аномалії
промислові підприємства	техногенні об'єкти
Сміттєзвалища	техногенні об'єкти
Теплові електростанції	техногенні об'єкти
техногенні об'єкти	Температурні аномалії
Хмари	Перешкоди ДЗЗ

Таблиця 4 — Супермножини та їх класи невизначеної вершини \$I_4\$

Супермножини	Клас
База даних температурних аномалій	Бази даних
Хибні температурні аномалії	Температурні аномалії
Вихідні дані	Вихідні дані
Тематичне дешифрування	Види дешифрування
Ґрунтове	Тематичне дешифрування
Лісове	Тематичне дешифрування
методи трансформування	Трансформування координат
рівні оброблення	Обробка даних
Тематична карта	Кінцеві інформаційні продукти
Температурні аномалії	Температурні показники
точність прив'язки	географічна прив'язка
ArcGIS	Інструменти
Програма визначення ТА за даними AVHRR	Інструменти
Програма визначення ТА за даними MODIS	Інструменти
Програма визначення ТА за даними Січ-2	Інструменти
Програма визначення температури підстильної поверхні суходолу за даними MODIS	Інструменти

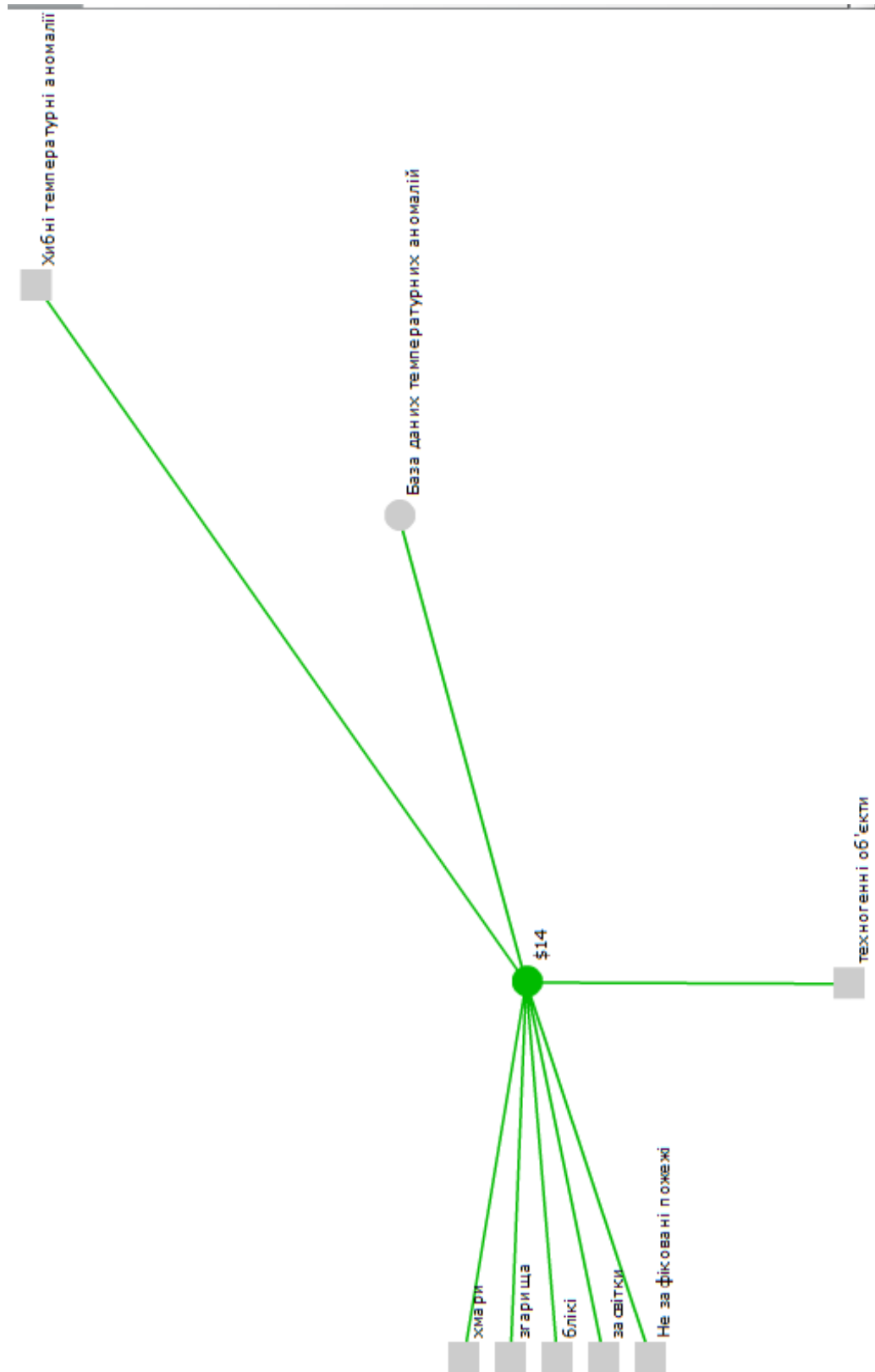


Рис. 5 — Вершина \$14 с вхідними та вихідними даними

Розділ 3. Інформаційні ресурси та системи

Таблиця 5 — Загальні класи об'єкти з означеним автоматом

№з/п	Базовий елемент онтології	Клас	Елементи, що зв'язані з базовим									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.	рівні оброблення	процеси оброблення по рівням	розпакування	нормалізація	географічна прив'язка	дешифрування						
2.	дешифрування	дешифрування буває	загальногеографічне	тематичне								
3.	загальногеографічне	загальногеографічне	топографічне	ландшафтне								
4.	тематичне	види тематичного дешифрування	геологічне	лісове	грунтове	гідрологічне	геоморфологічне	метеорологічне				
5.	лісове	лісового стану	температурні аномалії	видовий склад	площадні показники							
6.	грунтове	стану ґрунтів	поверхнева температура суходолу	температурні аномалії								
7.	гідрологічне	гідрологічних показників	поверхнева температура води	водна поверхня								
8.	метеорологічне	метеорологічних об'єктів	хмари									
9.	тематична карта	шари тематичної карти	температурні аномалії	поверхнева температура суходолу	поверхнева температура води							
10.	База даних температурних аномалій	об'єкти бази даних температурних аномалій	температурні аномалії	хвильні температурні аномалії	ліси	сільгоспугіддя	торфовища	інше	початок періоду	кінець періоду	програма визначення бази даних гарячих об'єктів	

№ з/п	Базовий елемент онтології	Клас	Елементи, що зв'язані з базовим								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
11.	температурні аномалії	об'єкти температурних аномалій	дата	час	широта	довгота	сканер	температурні аномалії з програм			
12.	хибні температурні аномалії	об'єкти хибних температурних аномалій	точність прив'язки	методи трансформування	програма визначення бази даних гарячих об'єктів						
13.	температурні аномалії з програм	програми	програма визначення ТА за даними AVHRR	програма визначення ТА за даними MODIS	програма визначення ТА за даними Січ-2						

Таблиця 6 — Програма визначення Бази даних гарячих об'єктів

№ з/п	Базовий елемент онтології	Клас	Елементи, що зв'язані з базовим								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	БД гарячих об'єктів	програма формування БД гарячих об'єктів	БД температурних аномалій	співпадання за 30 діб	техногенні об'єкти	згарища					
15.	БД температурних аномалій	анотація	температурні аномалії	співпадання за 30 діб	співпадання за 3 доби						
16.	температурні аномалії	температурні аномалії	дата	час	координати						
17.	техногенні об'єкти	техногенні об'єкти	населені пункти	промислові підприємства	аеродроми	кар'єри	сміттєзвалища	військові полігони	теплові електростанції	атомні електростанції	котельні
18.	БД температурних аномалій високої вірогідності	порівняння	співпадання за 3 доби	ліси	сільгоспугіддя	торфовища	інше				
19.	дата	складові	день	місяць	рік						
20.	час	складові	години	хвилини							
21.	координати	опис	широта	довгота							

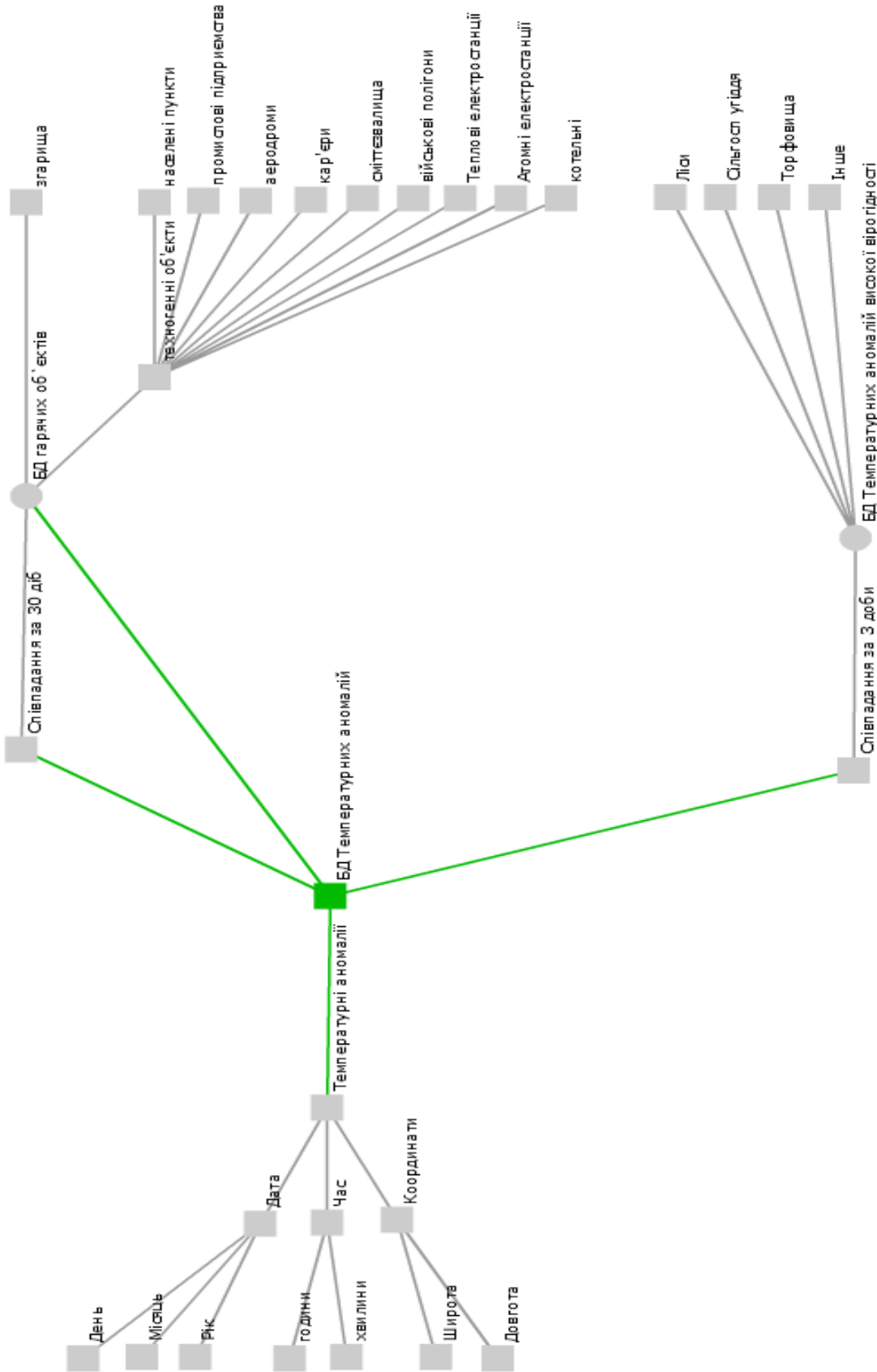


Рис. 6 — Онтологічний граф з означеним термом-об'єктом — «Програма визначення Бази даних гарячих об'єктів»

Висновок:

Застосування онтологічного моделювання інформаційних процесів дозволяє інкапсулювати функціонально необхідні інструменти у середовище мережної геоінформаційної системи, що забезпечує адаптивне використання ГІС-технологій при вирішенні завдань екологічного моніторингу. Ця методика дозволила визначити необхідність створення програм визначення бази даних гарячих об'єктів в мережній для визначення температурних явищ на території України за даними космічної зйомки.

Список використаної літератури

1. М.А.Пашкевич, В.Ф.Шуйский Экологический мониторинг Санкт-Петербург, 2002 с.97.
2. Горный В.И. Космические измерительные методы инфракрасного теплового диапазона при мониторинге потенциально опасных явлений и объектов // Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: Тр. Всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса», Москва, 10–12 ноября 2003 г. М.: Полиграфсервис, 2004. С. 10–16.
3. Довгий С.О., Красовський Г.Я., Радчук В.В. Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря /; Під ред. С.О. Довгого. - К.: Інформаційні системи, 2010. - 260 с.- Бібліогр.
4. Палагин А.В. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области / А.В. Палагин, Н.Г. Петренко. – Математические машины и системы, 2007. – №3,4. – С. 63–75.
5. Gruber T.R. A translation approach to portable ontology specifications / T.R. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5. – P. 199 – 220.
6. Цаленко М.Ш., Шульгейфер Е.Г. Основы теории категорий. М.: Наука, 1974. 256 с.
7. А.В. Епихин, С.Г. Дорошенко и др. Технология мониторинга лесных (торфяных) пожаров по данным космической съемки. Режим доступа: http://www.secuteck.ru/articles2/razr_poj_bez/tehnol_monitoring_les
8. Christopher Justice, Louis Giglio, Luigi Boschetti, David Roy, Ivan Csiszar, Jeffrey Morisette, and Yoram Kaufman. Algorithm Technical Background Document MODIS FIRE PRODUCTS. 2006.- p. 34 <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/>

Стаття надійшла до редакції 05.03.13 українською мовою

© В.Ю. Вишняков, А.Е. Стрижак, А.Н. Трофимчук
ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ
ИНСТРУМЕНТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

В статье рассмотрены вопросы онтологически распределенных информационных процессов. Описываются инструменты обработки космических снимков с целью определения

температурных аномалий. На основе онтологического моделирования определяются классы тематических объектов, относящихся к процессу экологического мониторинга. Определяются средства формирования онтологических описаний в геоинформационных средах. Описывается алгоритм инкапсуляции программных средств в среду распределенной информационной системы. Предоставляется пример построения и применения сетевого графа при работе с распределенными пространственными и семантическими информационными ресурсами и их сопровождения в среде геоинформационной системы. Предоставляются технологические характеристики системы, обеспечивающей семантическую интерпретацию космических снимков.

© V.U. Vishniakov, O.E. Stryzhak, O.M. Trofimchyk

APPLICATION OF ONTOLOGY-BASED TOOLS TO CREATE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE EXAMPLE OF DETERMINATION OF THERMAL PROCESSES IN UKRAINE, ACCORDING TO SATELLITE IMAGERY

This paper consider the ontological distributed information processes. Describes processing tools satellite images to determine the temperature anomalies. Based on ontology modeling classes defined thematic objects that are in the process of environmental monitoring. Identify means of forming the ontological descriptions in geographic terms. Algorithm described encapsulation of software in an environment of distributed information systems. Small example of the construction and use of the network graph when dealing with distributed spatial and semantic information resources and their support in geographic information systems environment. Available technological characteristics of the system that provides a semantic interpretation of satellite images.

УДК 502+504.06+528.001

© О.Є. Стрижак, канд. техн. наук

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВНІ ІНСТРУМЕНТИ ПІДТРИМКИ ДІЯЛЬНОСТІ ЕКСПЕРТА

У статті розглянуті питання щодо використання знання-орієнтовних систем для забезпечення діяльності експерта-аналітика, який аналізує велику кількість неструктурованих, розподілених у мережному середовищі інформаційних масивів. Розглядаються інструменти та методики їх використання при дослідженні певної кількості неструктурованих інформаційних масивів. Пропонується онтологічний підхід, на основі якого формуються тематичні тезауруси при автоматизованому перегляді неструктурованих інформаційних масивів. Надається приклад застосування методики формування тезауруса з використанням системи ТОДОС.

Ключові слова: онтологія, розподілені інформаційні ресурси, тезаурус, семантичний аналіз

Науково-виробнича діяльність всього людства охоплює велике різноманіття вельми різних предметних областей. Дослідженнями Р. Хакена, Р. Пенроуза, С.П. Курдюмова, Е.А. Князевої, Г.Г. Малінецького, І. Пригожина, С.П. Капіци, Д.І. Трубецького [1-5] та інших учених доведено, що все людство спільно з його науково-виробничим комплексом утворюють систему, що саморозвивається та самоорганізується, яка в останні десятиліття відноситься до класу синергетичних [1]. Вся сфера науково-виробничої діяльності людства ділиться на низку предметних областей, для кожної з яких є характерним власне різноманіття науково-виробничих проблем і задач, розв'язання яких сприяє їхній еволюції у напрямі переходу на вищий рівень розвитку.

Кожна предметна область є синергетичною системою, що має власний рівень самоорганізації і свої специфічні динамічні закони саморозвитку і самоорганізації. Основою розвитку предметної області як синергетичної системи є наявність високоінтелектуальних колективів людей, здатних вирішувати проблеми і задачі постійно зростаючої складності. Регулярне збільшення складності сформульованих проблем і задач вимагає створення та використання технологічних рішень в напрямку забезпечення діяльності експертів-аналітиків, головним завданням яких є контент-аналіз сучасних інформаційних ресурсів, які можуть бути залучені при розв'язанні різноманітних проблем, що виникають у процесах прийняття рішень.

У свою чергу, сучасні інформаційні технології дозволяють створити певний технологічний базис супроводу сучасних систем знань, що є основою забезпечення будь-якого процесу прийняття рішень. При цьому необхідно вирішити завдання управління знаннями, які в своїй діяльності використовують експерти-аналітики. Тут, на наш погляд, важливе не стільки накопичення масивів інформації, скільки здатність експертів до структуризації, систематизації, конструювання й засвоєння знань.

Кількість електронних документів, які необхідно обробити експертові-предметнику у своїй щоденній діяльності, нестримно зростає. При цьому дані зберігаються в різних сховищах, кожне з яких має власну структуру (бази даних, інформаційні портали, електронні бібліотеки і т. д.), або сховища документів взагалі неструктуровані.

Тому для забезпечення життєдіяльності крупних державних структур і приватних корпорацій необхідною умовою є використання сучасних пошукових систем для здійснення пошуку по внутрішніх інформаційних ресурсах. Одними з основних вимог до подібних систем є:

- обов'язкова повнотекстова індексація всіх інформаційних ресурсів, в яких здійснюється пошук, незалежно від типів файлів і структури зберігання даних;
- наявність лінгвістичного процесора для виділення лексем, який дозволяє здійснювати пошук за всіма відмінковими формами шуканого слова або словосполучки, що особливо важливо для флективних мов, зокрема, російської і української мов;
- впорядкування результатів пошуку на основі виявлення релевантності знайдених документів.

На сьогодні локальне використання пошукових систем, таких як META, Google Desktop Search, Yandex Server, Bing, не забезпечує повномасштабного аналізу семантики інформаційних масивів, які досліджує експерт-аналітик. Коректний семантичний аналіз може бути забезпечений на основі використання технологічних компонентів, які спроможні забезпечити наступне:

- структуризацію і семантичну класифікацію об'єктів та процесів предметних областей, що описуються;
- формування структури предметних областей у вигляді множини семантичних відповідностей між поняттями;
- відображення множини семантичних відповідностей у вигляді графів без циклів;
- інтегроване інформаційне середовище може бути представлено у вигляді мережевого графу;
- інтерактивність взаємодії користувачів із засобами організації колективної роботи з корпоративними даними, системами знань і використовується для вирішення надзвичайно широкого спектра завдань [6-9, 15].

Сучасна корпоративна високопродуктивна система керування знаннями, через яку експерти-аналітики без додаткових налаштувань і використання інших систем отримують доступ до інформації, може бути розташована на робочих станціях, серверах корпоративної мережі, базах даних або в мережі Інтернет.

Загальні особливості та рішення, на яких базується робота системи:

- Універсальність - система є універсальною та легко адаптується до предметних галузей клієнтів, які є описом прикметних областей або видів діяльності людини, або описом приватної точки зору дослідника;

- Актуальність словників - система створена таким чином, що постійно забезпечується постійна актуальність словників системи. Різні словники, такі як морфологічні, фразеологічні, тезауруси, ведуться системою автоматично та поповнюються в режимі реального часу. Для різних мов або незнайомих слів системою використовується алгоритм статистичної морфологічної лематизації;

- Гнучкість у створенні лінгвістичних ресурсів – у системі існує можливість вручну створювати і налаштовувати словники системи (онтології, тезауруси, синоніми, стоп-слова тощо). Ці лінгвістичні ресурси гнучко підключаються до системи (з урахуванням потреб аналітичної або дослідницької роботи (до кожної тематичної бібліотеки може бути підключений свій набір лінгвістичних ресурсів, що забезпечує звуження зони пошуку));

- Мови роботи - система забезпечує роботу з документами (текстами, html-сторінками, базами даних – всього більш 350 форматів) усіма європейськими мовами, арабською, китайською, в тому числі українською та російською мовами;

- Семантичний аналіз тексту - первинна лінгвістична обробка тексту виконується за допомогою поверхневого семантичного аналізу з виділенням базового переліку семантичних відношень. Перелік семантичних відношень має ієрархічну структуру з можливістю локального уточнення та доповнення. Семантичні відносини типу «людина, географія, організація, система» є в базовій конфігурації, крім того, в системі передбачено динамічний тезаурус, який в режимі роботи системи постійно оновлюється. Семантичні відносини – категорії додатково створюються і конфігуруються в залежності від задач, які мають бути вирішені системою під конкретну дослідницьку задачу.

Узагальнену структуру процесу формування тематичних тезаурусів наведено на рис.1.

Використання тезаурусних моделей для формування пошукових запитів до розподілених інформаційних ресурсів дозволяє застосувати в процесі прийняття рішень онтологічний підхід щодо формування систем знань за предметними областями, що досліджуються [10 - 15]. Комп'ютерну онтологію деякої предметної дисципліни можна розглядати як загальнозначущу відкриту базу знань, що представлена на загальноприйнятій (формальній) мові специфікації знань. В онтолого-класифікаційній схемі засобів і методів штучного інтелекту онтологічний підхід [12-14] трактується як різновид системного підходу, заснованого на знаннях. Онтологічний підхід забезпечує ефективне проектування компонентів будь-якої знання-орієнтованої інформаційної системи. На відміну від звичайного суб'єктивного підходу при проведенні контент-аналізу різноманітних документів, системно-онтологічний підхід [13] припускає строгу (наскільки це можливо на даному етапі розвитку науки) структуризацію термінів і понять предметної дисципліни. Категоріальний рівень представляється *онтологією верхнього рівня* домена предметних дисциплін. Проектування

онтології верхнього рівня повинно бути включено в загальний алгоритм розробки баз знань з кожної предметної області.

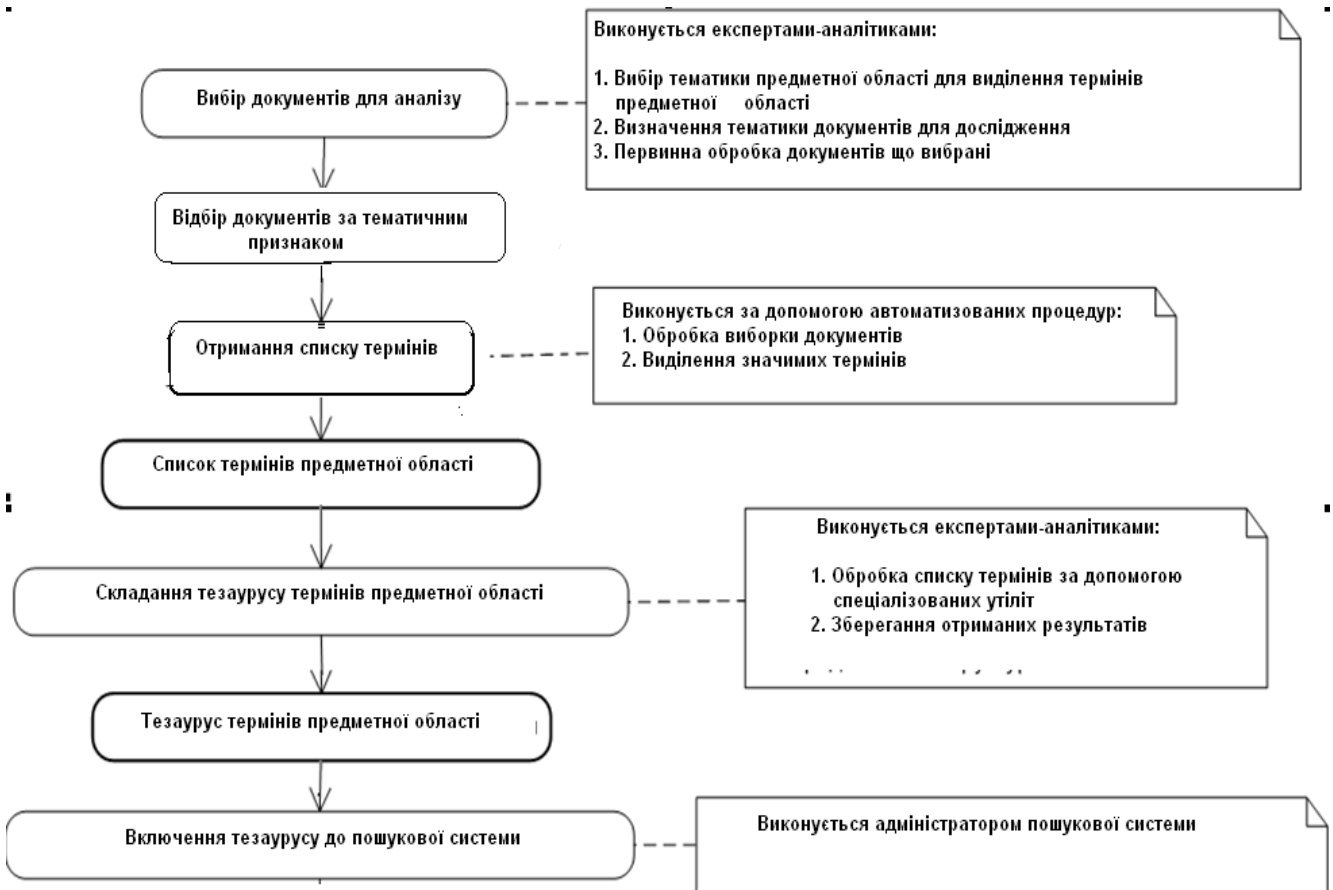


Рис. 1 — Узагальнена структура побудови тезауруса

При зборі інформації і розробці лінгвістичних ресурсів необхідно враховувати що є об'єкт дослідження – предметна область, її тематичний розділ, процеси, властивості, функціональний опис.

Об'єкт має стан, структуру, властивості, виявляє чітку функціональність, може мати межі.

Група чи множина об'єктів, що мають зв'язки та пов'язані спільною структурою та функціональністю, можуть бути об'єднані в класи.

Теми дослідження (наочні області) визначаються поставленими завданнями щодо контент-аналізу, результати якого будуть використовуватися при прийнятті рішення.

Для створення якнайповнішої картини дослідження необхідно проробити й передбачити можливі застосування об'єкта та його складових як при зборі даних, так і при розробці лінгвістичних ресурсів, які повинні забезпечити вже здобуття знань про об'єкт.

Весь процес збору, обробки, аналізу інформації і синтезу вже отриманих знань є низкою послідовних заходів, що повторюються від однієї мети до іншої.

Функціонально тезаурусна система будується на основі описів відношень між поняття-

ми (об'єктами) наочної області і їхніх властивостей.

Базисну структуру тезауруса може складати наступний перелік відношень та властивостей:

Відношення

ВХОДИТЬ В

СКЛАДАЄТЬСЯ З

ВКЛЮЧАЄ <{об'єкти, властивості}>

АСОЦІЮЄТЬСЯ З

ЗНАХОДИТЬСЯ В

БЕЗПОСЕРЕДНЬО ПОВ'ЯЗАНО З

Властивості

РІД

ВИГЛЯД

БУТИ ЧАСТИНОЮ <{об'єкти}>

ВИКОНУВАТИ ФУНКЦІЇ<>

ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ В <випадок, подія>

ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ЗА <умова>

МАЄ МІСЦЕ <подія, випадок>

Впровадження тезаурусної системи як базису подальшого формування онтології предметної області в процес прийняття рішення, зокрема, дозволяє:

- визначати основну термінологічну лексику даної дисципліни, використовуючи також засоби візуалізації об'єктів-понять;
- асоціативно використовувати елементи знань на основі багатоаспектного використання інформації тезаурусної структури, що генерується;
- моделювати різні ситуації і вирішувати завдання з даної предметної області на понятійному рівні;
- отримувати доступ до тезауруса одночасно багатьом користувачам в зручний для них час;
- розробляти особисті тезауруси експертів і формувати бази знань у вигляді тезаурусів з різних дисциплін;
- обмінюватися моделями знань у формі тезауруса;
- вбудовувати створені тезауруси в інформаційні системи складнішої структури.

Як бачимо з вищенаведеного, важливим етапом є відбір основних понять для тезауруса, який буде використовуватися для формування термінів для пошуку та побудови онтології предметної області дослідження. Методика формування тезауруса ґрунтується на застосуванні системи ТОДОС (Трансдисциплінарні Онтологічні Діалоги Об'єктно-орієнтованих Систем), яка доповнена спеціалізованими утилітами [22, 23], що допомагають експерту автоматизовано формувати тезаурус і надалі трансдисциплінарну онтологію на основі обробки тематичних документів.

Функціонально систему ТОДОС складають наступні підсистеми:

КОНСПЕКТ – побудова термінологічних дерев на основі аналізу природно-мовного тексту [8-9];

КОНФОР – генерація таксономії предметної області [13, 14, 20];

ЕДИТОР – формування онтологічних моделей;

ВІД (відеодіалоги) – підтримка колективних відеосесій;

ПОШУКОВА МАШИНА – пошук лексичних структур на основі лінгвістичної обробки великої кількості текстових масивів [16, 18, 20].

Побудова тезауруса здійснюється у кілька етапів:

- відбір понять на основі автоматичної побудови термінологічних дерев при аналізі текстових масивів;
- коригування словника за змістом визначених понять;
- визначення переліку семантичних зв'язків між поняттями даної навчальної дисципліни;
- тлумачення семантичних зв'язків (визначення їх змісту);
- побудова семантичної мережі зв'язків понять;
- конструювання схеми словникової статті тезауруса (поняття, його коротке визначення, перелік семантичних зв'язків з іншими поняттями);
- формування остаточного складу словникових статей тезауруса;
- коригування тезауруса з експертом.

Такий підхід до забезпечення процесів прийняття рішень дозволяє створити інформаційне середовище, в якому експерти-аналітики можуть досліджувати різні за тематикою розподілені інформаційні ресурси. Таке середовище спроможне забезпечити агрегацію розподілених інформаційних ресурсів, постачальниками яких є бібліотеки, університетські й наукові центри, різноманітні наукові та науково-методичні видання, різноманітні ЗМІ і таке інше, що створює їх якісними в забезпеченні процесів прийняття рішень. Узагальнену структуру процесу забезпечення доступу до розподілених інформаційних ресурсів та формування на їх основі систем знань наведено на рис. 2.

Найважливішою умовою успішної роботи експерта-аналітика є наявність інформаційного поля досліджуваної предметної області, що повинно являти собою ряд структурованих і неструктурованих інформаційних масивів, необхідних для витягу з них необхідних даних.

Найбільш точна картина буде формуватися, якщо інформаційне поле буде містити в собі як дані, одержувані із зовнішніх джерел, так і дані, одержувані із внутрішніх джерел.

Основна технологія аналітика - це встановлення причинно-наслідкових зв'язків між різного роду даними і їхнє дослідження під різними кутами зору. Побудова причинно-наслідкових ланцюжків дозволяє оброблені дані перетворити в інформацію й, зробивши висновки в предметній області, синтезувати відповідні рекомендації для прийняття оптимального рішення.

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПУ
ДО ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ**



Рис. 2

Наведемо приклад роботи експерта-аналітика у середовищі системи ТОДОС. За тематичний напрямок аналізу візьмемо проблему зміни клімату, її впливу на навколишнє середовище та використання проектів спільного впровадження, які включені до механізмів Кіотського протоколу. Взаємодію експерта із системою наведено на рис. 3-7, які відображають екранні форми побудови його запитів та отримання відповідних інформаційних матеріалів.

Експерт має завдання – дослідити інформаційні ресурси та процеси за тематикою зміни клімату, що існують у Російській Федерації.

У якості пошукової машини використовується система Exalead [6-9].

На першому етапі контент-аналізу доступних експерту інформаційних масивів він починає пошук з вводу терміну *климат*. Але для забезпечення більш широкого пошуку, процедура якого враховує правопис написання слів, він вводить скорочений запис *клим** (* забезпечує врахування різних закінчень слова *климат* – *климатичний*, *климату*, *климата* і т. ін.). Як бачимо на рис. 3-а, експерт отримав список з 4 332 джерел. Для забезпечення процесу звуження пошуку у системі є процедури *Refine you search* (права колонка екрана). Вони допомагають скоротити перелік джерел за рахунок врахування категорій, що характеризують джерела за тематикою, типом, датою, мовою, географією і т. ін.

У нашому випадку експерт вибирає категорію *Related terms*, що знаходиться у нижній правій частині екрана, та вибирає категорії *Руководитель климатической... та Рост выбросов*, які, на його думку, допоможуть знайти інформаційні джерела з питань, що його

цікавлять. Вказані категорії відображені на рис. 3-б, де в нижній правій частині екрана перелічено декілька категорій, що допомагають динамічно сформувати класифікаційну схему пошуку. Відмітимо, що вказані категорії система сформулювала автоматично за рахунок досить тонкого лінгвістичного аналізу текстів у перелічених джерелах. Вибравши вказані категорії, експерт отримує перелік з 13 джерел (рис. 3-в).

На другому етапі експерт на основі використання отриманих джерел планує побудувати тезаурус області його аналітичного дослідження. Для цього він вибирає джерело, яке, на його думку, досить коректно відображає процеси експертного дослідження. Основу його вибору може становити авторитет авторів вибраного документу. На рис. 3-в є документ, автором якого є відомий російський фахівець з питань змін клімату Олексій Кокорін, керівник кліматичної програми екологічного фонду Росії.

Експерт вибирає його матеріали та виконує лінгвістичний аналіз джерела. Сформований тезаурус, що відображає структуру інформаційного джерела, наведено на рис. 4-а. У верхній правій частині екрана у вигляді дерева наведено ієрархію термінів, що включені до тезауруса, а у правій частині наведено перелік термінів, за якими надалі експерт буде виконувати подальший пошук та відбір документів. До цього переліку входять **квоти, торгівля, механізм, проекти спільного здійснення, клімат** (слово, з якого експерт почав свій пошук та класифікацію джерел за тематикою – зміни клімату).

На рис. 4-б представлено частину тезауруса за терміном **проекти спільного здійснення**, за яким експерт надалі формує стратегію пошуку та відбору інформаційних джерел за тематикою.

Також слід відмітити, що система забезпечує формування анотацій документів, що відбираються експертом. Це реалізується за рахунок механізмів тезауруса, який відслідковує описи відібраних термінів. Анотації відображаються у нижній лівій частині екранних форм (рис. 4-а та рис. 4-б).

Тепер експерт може використовувати класифікаційну схему області дослідження, яку він сформував у системі за допомогою автоматично побудованого тезауруса. Він надалі виконує пошук документів, які відносяться до питань, пов'язаних із законодавчою базою, яка існує в Російській Федерації і регулює механізми зниження викидів парникових газів із застосуванням проектів спільного впровадження. Цей пошук відображено на екранних формах (рис. 5-7).

На рис. 7-а та рис. 7-б представлено відображення частини документу, що розробив екологічний фонд Російської Федерації спільно з групою Альянс в напрямку методичного забезпечення діяльності російських компаній у впровадженні на території Росії механізмів проектів спільного впровадження. Система забезпечує розмітку документа за термінами пошуку, які, в свою чергу, відповідають класифікаційній схемі області експертного дослідження інформаційних ресурсів, які накопичені в Російській Федерації щодо використання механізмів Киотського протоколу.

exolead

Search Results

Results 1-10 of about 4,332 for клим*

Sort by relevance - Sort by date - Sort by size | View: [list icon] [grid icon]

Search [input type="text" value="клим*"/> Advanced search

Preferences

100%

Интернет

Source

- WWF (54%) [exclude](#)
- Wikipedia (25%) [exclude](#)
- ClimateChange (12%) [exclude](#)
- UNEP (3%) [exclude](#)
- МОНПС України (1%) [exclude](#)
- UN (1%) [exclude](#)
- Мілік (0.4%) [exclude](#)
- TestKat (20) [exclude](#)
- GGPI (0.1%) [exclude](#)
- Fizika (0.1%) [exclude](#)
- ur (1) [exclude](#)
- energobaleniyma (0.1%) [exclude](#)

Document type

- HTML (.html) (85%) [exclude](#)
- Acrobat (.pdf) (8%) [exclude](#)
- Word (.doc) (4%) [exclude](#)
- Rich Text Format (.rtf) (0.6%) [exclude](#)
- PowerPoint (.ppt) (0.1%) [exclude](#)
- Text (.txt) (0.1%) [exclude](#)

Date

- 2010 (56%) [exclude](#)
- January 2010 [exclude](#)
- March 2010 [exclude](#)
- April 2010 [exclude](#)
- July 2009 [exclude](#)
- September 2009 [exclude](#)
- October 2009 [exclude](#)
- 2008 [exclude](#)
- 2006 [exclude](#)

Language

- Russian (90%) [exclude](#)
- Not defined (5%) [exclude](#)
- English (3%) [exclude](#)
- Serbian (0.1%) [exclude](#)
- Chinese (0.1%) [exclude](#)
- Spanish (0.1%) [exclude](#)

Size

- 1M - 10M (214) [exclude](#)
- 100k - 1M (27%) [exclude](#)
- 1k - 100k (72%) [exclude](#)
- ≤ 1k (1) [exclude](#)

Sort by relevance - Sort by date - Sort by size | View: [list icon] [grid icon]

Климатическая программа
 Климат Список сайтов по проблеме климата и энергетике Климатическая программа WWF. ... Как исчезают льды Ответы на вопросы «климатического скептики» Глоссарий ...
www.wwf.ru/climate - 06 Jan 2010 - 24k

Изменение климата | ClimateChange.Ru
 Проблема глобального изменения климата, появившаяся в повестке дня международного сообщества в 1980-х гг., ... Климат на нашей планете меняется и меняется ...
www.climatechange.ru/node/1 - 12 Oct 2009 - 22k

Изменение климата | ClimateChange.Ru
 14 июля 2009 Вопросы изменения климата – приоритет для стран "восьмерки" Выдержки из пресс-конференции ... климатической конференции 2009 4 сентября в ...
www.climatechange.ru/taconomy/term/10 - 13 Oct 2009 - 31k

Алексей Кокорин – о климате
 Костомаров Глеб Архангельский Алексей Кокорин - о климате Что творится с погодой? Алексей Кокорин рассказывает про аномальную погоду, вызванную изменением климата ...
www.wwf.ru/resources/interviews/akokorin - 19 Jan 2010 - 15k

Климатическая программа
 Климат Список сайтов по проблеме климата и энергетике Климатическая программа WWF. ... Как исчезают льды Ответы на вопросы «климатического скептики» Глоссарий ...
www.wwf.ru/about/what_we_do/climate - 06 Jan 2010 - 24k

Подгруппа по изменению климата | ClimateChange.Ru
 Подгруппа по изменению климата работает под председательством Генерального Директора по окружающей ... Министра климата и энергетики Дании Конни Хедегорд ...
www.climatechange.ru/node/39 - 13 Oct 2009 - 25k

Будет создана рамочная основа для климатического обслуживания
 Будет создана рамочная основа для климатического обслуживания/тоги пресс-конференции руководителя ... изменения климата 22 сентября в Нью-Йорке в рамках ...
www.climatechange.ru/node/384 - 13 Oct 2009 - 26k

Рис. 3-а

Алексей Кокорин – о климате
 Костомаров Глеб Архангельский Алексей Кокорин - о климате Что творится с погодой? Алексей Кокорин рассказывает про аномальную погоду, вызванную изменением климата ...
www.wwf.ru/resources/interviews/akokorin - 19 Jan 2010 - 15k

Климатическая программа
 Климат Список сайтов по проблеме климата и энергетике Климатическая программа WWF: ... Как исчезают льды Ответы на вопросы «климатического скептика» Глоссарий ...
www.wwf.ru/about/what_we_do/climate - 06 Jan 2010 - 24k

Подгруппа по изменению климата | ClimateChange.Ru
 Подгруппа по изменению климата работает под сопредседательством Генерального Директора по окружающей ... Министра климата и энергетики Дании Конни Хедегорд ...
www.climatechange.ru/node/39 - 13 Oct 2009 - 25k

Бюджет создана рамочная основа для климатического обслуживания | ...
 Будет создана рамочная основа для климатического обслуживания/топи пресс-конференции руководителя ... изменения климата 22 сентября в Нью-Йорке в рамках ...
www.climatechange.ru/node/384 - 13 Oct 2009 - 26k

Леса и изменение климата
 Леса и Климат Леса Мира как резервуар углерода Проект QUEST Бореальные леса и климат Лесные новости ... пособие для вузов Леса и изменение климата © WWF России ...
www.wwf.ru/about/what_we_do/forests/forest_climate - 06 Jan 2010 - 16k

Климат — Википедия
 Климат Материал из Википедии — свободной энциклопедии (не проверялась Климат кли́мат (klimatos) — наклон [... Климат — статистический ансамбль состояний, через ...
ru.wikipedia.org/wiki/Климат - 08 Oct 2009 - 74k

Животные Арктики и изменение климата
 Море и рыба Земли и животные Острова и их обитатели Животные Арктики и изменение климата О Климате ... Поэтому, ввиду глобальной важности изменения климата, ...
www.wwf.ru/about/where_we_work/kamchatka/arctic - 06 Jan 2010 - 18k

late

- 2010 (56%)
 - [January 2010](#)
 - [March 2010](#)
 - [April 2010](#)
 - 2009 (39%)
 - [July 2009](#)
 - [September 2009](#)
 - [October 2009](#)
 - 2008
 - 2006

Language

- Russian (90%)
- Not defined (5%)
- English (3%)
- Serbian (0.1%)
- Chinese (0.1%)
- Spanish (0.1%)

Size

- 1M - 10M (214)
- 100k - 1M (27%)
- 1k - 100k (72%)
- < 1k (1)

Famous people

- Эдуард Далаборг (1)

Geographic location

- США (1)
- Россия (1)
- Япония (1)
- Китай (1)
- Африка (1)
- Франция (1)
- Иран (1)
- Индия (1)
- Австралия (1)
- Германия (1)

Organization

- Microsoft (1)

Related terms

- Вышла в свет
- Руководитель климатической
- Область применения
- Город расположен
- Акции WWF России
- Соплашения в колпентгагене
- Английском языках
- Ответственные компании
- Арктических регионов
- Защиту природы

Search

Results page: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Next

клим*

Internet

Рис. 3-б

The screenshot shows a search engine interface with the following elements:

- Search Bar:** Contains the query "клим*" and a "Search" button.
- Search Results:** Displays "Results 1-10 of about 13 for клим*". The results list includes:
 - Подготовка Копенгагенского соглашения по климату: главные ...
 - Переговоры ООН по климату в Бонне: как обстоят дела за полгода ...
 - Переговоры ООН по климату в Бонне: что раунд грядущий нам ...
 - Подготовка Копенгагенского соглашения по климату: главные ...
 - Переговоры ООН по климату: что сделано за полгода до Копенгагена?
 - Копенгаген: работа глав государств над решением и выступление ...
 - Print version
- Refinement Panel (Right):** Titled "Refine your search", it includes:
 - Your refinements:** "Related terms" (Руководитель климатической, Рост выбросов), "Source" (WWF), "Document type" (HTML, Word, Acrobat), "Date" (2010, January, March), "Language" (Russian), "Size" (1M-10M, 100k-1M, 1k-100k).
 - Search within results:** A search box with a "Go" button.
 - Related terms:** "Говорит клим" with an "exclude" link.
- Navigation:** "Sort by relevance", "Sort by date", "Sort by size", "View" options.
- Footer:** "Готово" and "Интернет" icons.

Рис. 3-в

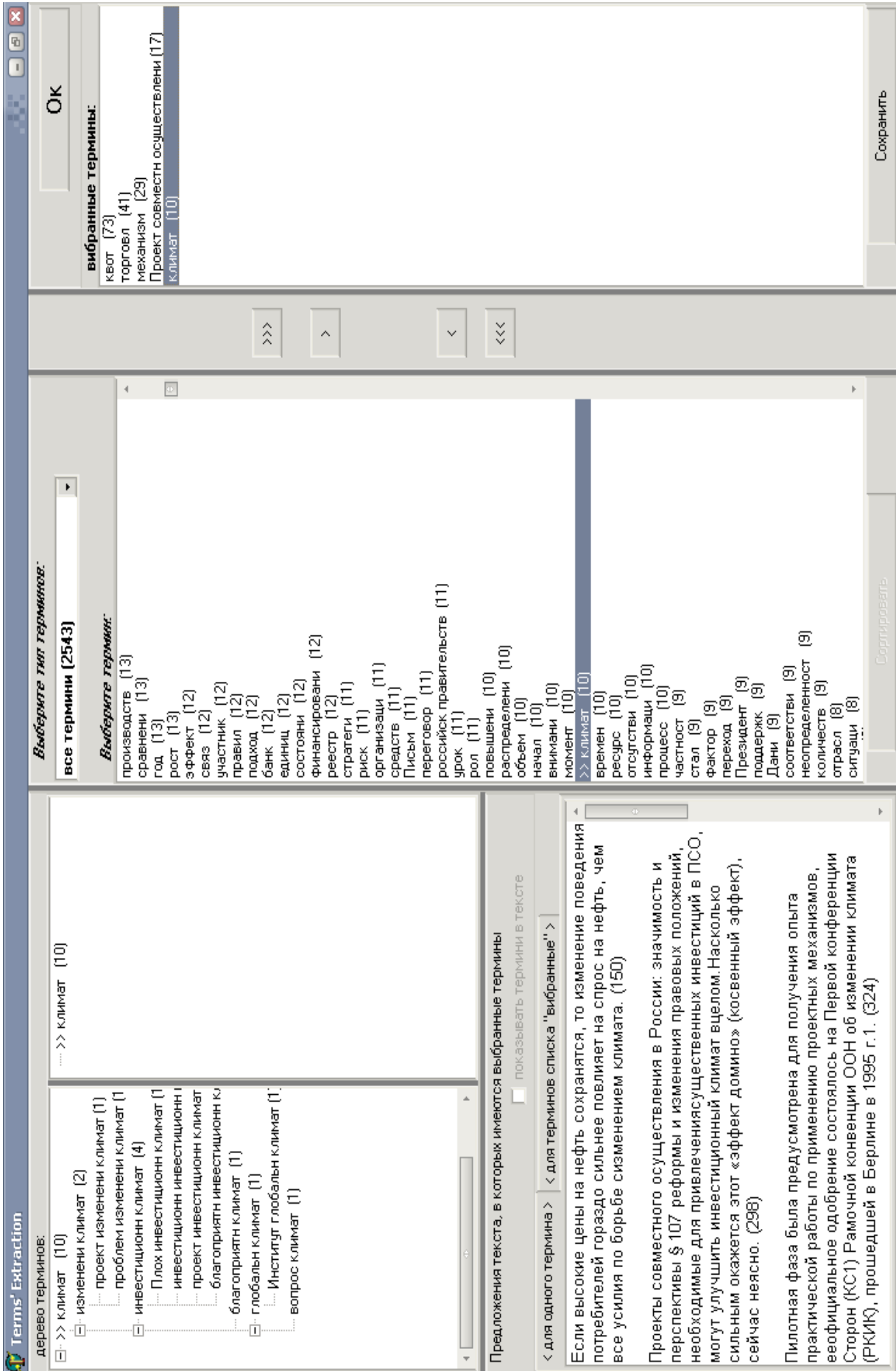


Рис. 4-а

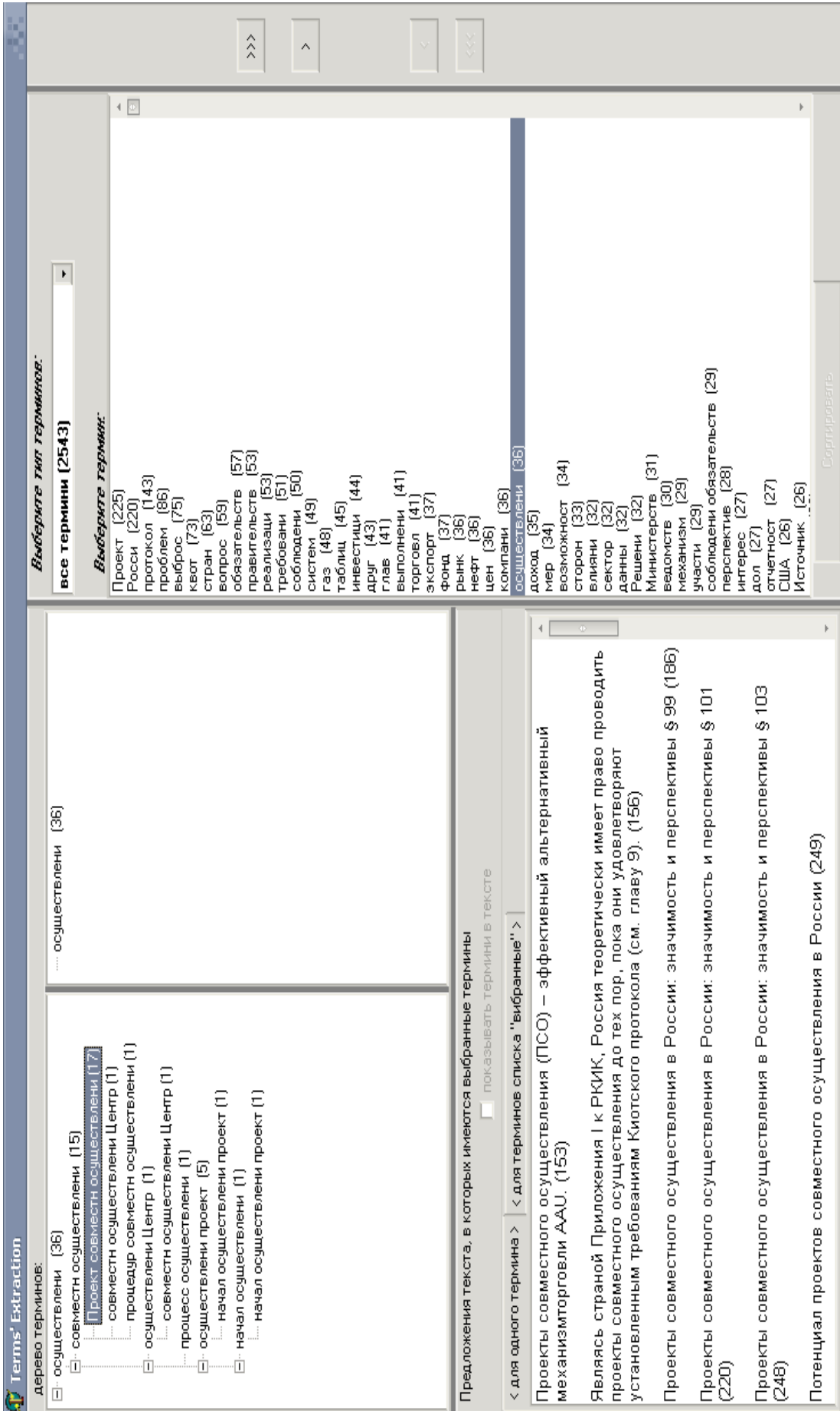


Рис. 4-6

exalead

клим* [Advanced search](#)

Sort by relevance - Sort by date - Sort by size | View:

Results 1-10 of about 59 for клим*

Подготовка Копенгагенского соглашения по климату: планы ...
 На данной встрече все развитые страны представили свои предложения по сокращению выбросов, однако цели ряда стран очень слабые. ... заложен **рост выбросов** на 30-40%.
www.wwf.ru/resources/news/article/5339 - 16 Jan 2010 - 20k

issue10.pdf
 Во вчерашнем выступлении Россия заявила, что много сделала для спасения климата планеты: «Со своей стороны Россия ... Потом пошло развитие и медленный **рост выбросов**.»
www.wwf.ru/data/news/5128/issue10.pdf - 16 Mar 2010 - 660k

Россия стала единственной страной в мире, решившей ускорить рост ...
 ускорить **рост выбросов** парниковых газов в 2010-2020 гг ссылки ... парниковых газов, потому что они оказывают крайне отрицательное влияние на мировой климат.
www.wwf.ru/resources/news/article/5183 - 22 Jan 2010 - 19k

Print version
 меры и фонды для адаптации к изменениям климата, прекращение сведения тропических лесов и ряд других ... заложен **рост выбросов** на 30-40%.
www.wwf.ru/resources/news/article/print/5339 - 14 Jan 2010 - 5k

Print version
 Россия стала единственной страной в мире, решившей ускорить **рост выбросов** парниковых газов в 2010-2020 гг. ... крайне отрицательное влияние на мировой климат.
www.wwf.ru/resources/news/article/print/5183 - 14 Jan 2010 - 6k

issue10.pdf
 Во вчерашнем выступлении Россия заявила, что много сделала для спасения климата планеты: «Со своей стороны Россия ... Потом пошло развитие и медленный **рост выбросов**.»
www.wwf.ru/data/climate/bonn09/issue10.pdf - 16 Mar 2010 - 660k

2cdeg_issue5.pdf
 на климатических переговорах ООН №5 (30 марта ... 2020 году могут остановить **рост выбросов**, но на фоне других стран у России есть все возможности приложить ...
www.wwf.ru/data/climate/bonn09/2cdeg_issue5.pdf - 16 Mar 2010 - 840k

Refine your search

Your refinements

Related terms

- Рост выбросов [remove](#)

Search within results

- сокращ* and выброс* [remove](#)

Source

- WWF (45) [exclude](#)
- ClimateChange (9) [exclude](#)
- UNEP (4) [exclude](#)
- МОНПС України (1) [exclude](#)

Document type

- Acrobat (.pdf) (42) [exclude](#)
- Word (.doc) (10) [exclude](#)
- HTML (.html) (7) [exclude](#)

Date

- 2010 (45) [exclude](#)
- January 2010 [exclude](#)
- March 2010 [exclude](#)
- 2009 [exclude](#)
- 2008 (8) [exclude](#)
- June 2008 [exclude](#)
- August 2008 [exclude](#)
- September 2008 [exclude](#)
- 2007 (3) [exclude](#)
- January 2007 [exclude](#)

Language

- Russian (59) [exclude](#)

Size

- 1M - 10M (22) [exclude](#)
- 100k - 1M (30) [exclude](#)
- 1k - 100k (7) [exclude](#)

Search within results

сокращ* and выброс* [Less choices](#)

Готово

Рис. 5

клим* [Advanced search](#)

Sort by relevance - Sort by date - Sort by size | View:

Search Results Results 1-10 of about 34 for клим*

[issue7.pdf](#)
 организационно-наблюдателей на климатических переговорах ООН №7 (6 апреля 2009) Бонн (Германия), ...
 Конечно, безудержный рост выбросов маловероятен, ведь для него ...
[www.wwf.ru/data/climate/bonn09/issue7.pdf - 16 Mar 2010 - 713k](#)

[climatechange_kyoto_reality.pdf](#)
 Высшая школа экономики: «Торговля квотами на выбросы», «Проекты совместного осуществления». ... 28
 Рост ВВП и выбросы парниковых газов.
[www.wwf.ru/data/publ/climate/climatechange_kyoto_reality.pdf - 16 Mar 2010 - 1805k](#)

[untitled](#)
 18 3.2. Проекты совместного осуществления и механизма чистого ... Киотский протокол, принятый мировым сообществом с целью решения проблемы изменения климата. ...
[www.wwf.ru/data/publ/April06/mgimo-text-cover.pdf - 16 Mar 2010 - 1851k](#)

[untitled](#)
 WWF и группа «Альянс» будут продолжать совместную работу для претворения в жизнь идей, ... 16 2. 1
 Климатическая политика – снижение выбросов парниковых газов.
[www.wwf.ru/data/publ/climate/cc_andfinancial.pdf - 16 Mar 2010 - 927k](#)

[bukwarm_po_kioto_i_post_kioto.pdf](#)
 развития или Совместного осуществления (экономических ... решении проблемы изменения климата, как минимизировать ущерб от нынешних и грядущих климатических ...
[www.wwf.ru/data/climate/bukwarm_po_kioto_i_post_kioto.pdf - 29 Mar 2010 - 749k](#)

[glossary.pdf](#)
 национальному законодательству, так и добровольно снижающими свое воздействие на климат. ... изменения климата, ходом переговоров в ООН и подготовкой проектов ...
[www.wwf.ru/data/climate/glossary.pdf - 16 Mar 2010 - 548k](#)

[issue11.pdf](#)
 парниковых газов, но, наоборот, препятствует успеху борьбы за спасение климата. ... Рост выбросов в 7 раз меньше роста ВВП, но ведь это не результат ...
[www.wwf.ru/data/climate/bonn09/issue11.pdf - 16 Mar 2010 - 781k](#)

Refine your search

Your refinements

Related terms

- Рост выбросов [remove](#)
- совместн* and закон* [remove](#)

Search within results

Source

- WWF (24) [exclude](#)
- ClimateChange (5) [exclude](#)
- UNEP (4) [exclude](#)
- МОНПС_України (1) [exclude](#)

Document type

- Acrobat (.pdf) (31) [exclude](#)
- Word (.doc) (3) [exclude](#)

Date

- 2010 (24) [exclude](#)
- March 2010 [exclude](#)
- 2009 (5) [exclude](#)
- April 2009 [exclude](#)
- June 2009 [exclude](#)
- August 2009 [exclude](#)
- 2007 (3) [exclude](#)
- January 2007 [exclude](#)
- March 2007 [exclude](#)

Language

- Russian (34) [exclude](#)

Size

- 1M - 10M (19) [exclude](#)
- 100k - 1M (15) [exclude](#)

Search within results

совместн* and закон* [Less choices](#)

Рис. 6

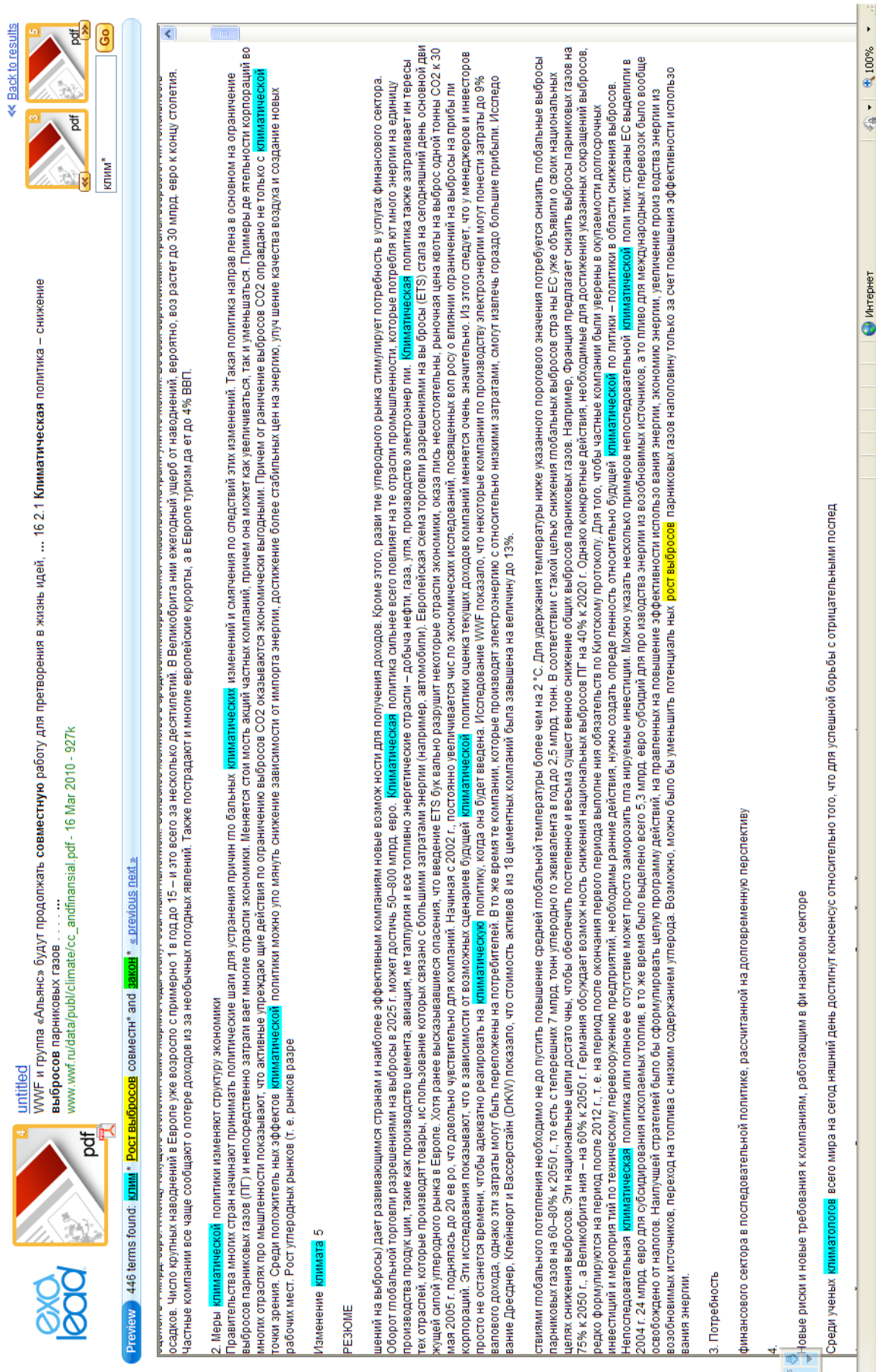


Рис. 7-6

untitled
WWF и группа «Альянс» будут продолжать совместную работу для претворения в жизнь идей, ... 16 2.1 Климатическая политика – снижение выбросов парниковых газов
www.www.ru/data/public/climate/cc_andfinancial.pdf - 16 Mar 2010 - 927k

4 pdf
5 pdf
клим*
Go

Preview 448 terms found: клим* Рост выбросов совместн* and выбос* < previous next >

эффективности является «эффект рикошета». Это означает, что вместо того, чтобы экономить деньги, покупая более энергоэффективное оборудование и потребляя меньше энергии, люди так изменяют свое поведение, что потребление энергии возрастает до прежнего уровня – они начинают больше и быстрее ездить на машинах, сильнее обогревать свои дома и т. п. Чтобы избежать «эффекта рикошета», необходимы специальные программы просвещения потребителей, повышения их осведомленности о способах и целях экономии энергии, о затратах, связанных со всем жизненным циклом бытовой техники. Мало обеспеченные слои населения могут пострадать даже от небольшого повышения цен на энергию в результате тате проведения климатической политики, что так же необходимо учитывать при принятии политических действий, чтобы совместно с политиками заранее спланировать стратегию развития бизнеса в менее благоприятных условиях. Меры по смягчению изменения климата часто стоят недорого, в то же время от них можно бы сто получить положительные эффекты (экономия затрат и другие сопутствующие выгоды). Правительства всех стран должны вырабатывать недвусмысленную климатическую политику, что бы не тормозить инвестиции. Частные компании должны получать четкие сигналы и указания от политиков относительно ожидаемых в будущем законодательных мер в области климатической политики. Ограничения на выбросы парниковых газов по-разному повлияют на доходы различных компаний, работающих как в различных отраслях эко-номики, так и в одной отрасли. Некоторые меры по борьбе с потеплением климата будут сопряжены с весьма значительными побочными выгодами, среди которых снижение зависимости от импорта, стабилизация цен на энергию, улучшение качества атмосферного воздуха, повышение занятости и техническая модернизация.

2.
3.
4.
5.

Выводы

1. Управляющие компаниями и инвесторы должны понять, что когда климатическая политика вступит в фазу осуществления, у них уже не останется времени, чтобы приспособиться к ней. Поэтому

2.2 Изменение климата

3 НЕОБХОДИМЫЕ ДЕЙСТВИЯ

3 Необходимые действия

После выхода в свет последнего доклада МГЭИК об изменении климата (2001) были накоплены новые доказательства того, что риск глобального потепления оказывается даже выше, чем ранее пред-ставлялось. Была недооценена чувствительность климатической системы (см. врезку 5). Были обнаружены новые факторы глобального потепления, такие как рост кислотности Мирового океана⁵⁶. Очевидно, если не предпринять срочных действий, то человечеству уже не удастся предотвратить ис-чезновение полярных ледяных щитов⁵⁷ и тропиче-ских лесов⁵⁸. В силу вышеуказанных причин главы европейских государств поставили такую цель: масштабное потепление не должен превзойти порог в 2 °С⁵³. Ранее министры окружающей среды стран Ев-ропы⁵⁴ указали, что для предотвращения этого порога необходимо будет удерживать концентрацию парнико-вых газов в пределах 550 объемных частей на миллион в СО2 эквиваленте (ppm сde), что примерно в два раза превышает их содержание в атмосфере в доиндустриальную эпоху. Для достижения поставленной цели потребуются сокращение выбросов парниковых газов к 2050 г. на 60–80%, или с современного уровня выбросов 7 млрд. тонн в год до 2,5 млрд. тонн в год. Стремлясь выполнить поставленную цель, отдельные страны члены Сообщества уже объявили о принятии национальных планов действий по снижению выбросов. Эти планы предусматривают количественные обязательства по глубокому и устойчивому снижению вы-бросов. Например, Франция объявила о 75% ном снижении выбросов к 2050 г., Великобритания – о 60% ном снижении к 2050 г., а Германия – о 40% ном снижении к 2020 г. Однако самые последние данные научных наблюдений за изменением климата привели к пересмотру «безопасной» концентрации ПГ в атмосфере в сторону ее ужесточения – «безопасная» концентрация уменьшилась примерно на четверть. Поэтому теперь считается, что для предотвращения порога глобального потепления в 2 °С необходимо будет удерживать концентрацию парниковых газов в атмосфере в пределах 450 а не 550 ppm сde⁶⁵. К 2004 г. уровень ПГ в атмосфере был уже более 400 ppm сde, и этот уровень поднимается примерно на 2 ppm сde каждый год⁶⁶. Совершенно очевидно, что для предотвращения разрыва между тем, что реально происходит, и тем, что мы должны делать, нужны са-мые срочные действия по ограничению выбросов, в том числе экономия энергии и внедрение низкоугле-родных технологий. Из-за того, что человечество пока не смогло даже стабилизировать выбросы ПГ, кото-рые продолжают расти, в будущем нам потребуются удвоенные усилия для достижения «безопасной» кон-центрации ПГ в атмосфере – усилия по ускоренному

3.1 Как избежать опасных изменений климата ?

Для получения точного представления о характере изменений климата необходимы наблюдения за различными климатическими параметрами, важнейшим из которых является средняя температура. Температура Земли не мгновенно откликается на изменения в атмосфере, поскольку суша и особенно океан обладают большой тепловой инерцией. Поэтому не представляется возможным ожидать, пока стабилизируется температура земной поверхности. Еще до достижения нового температурного равновесия могут начаться опасные для человека ства процессы. Разумной альтернативой для чего человека является выбор в качестве цели климатической политики определенной «пороговой» концентрации парниковых газов в атмосфере. Если удерживать концентрацию парниковых газов ниже этой критического порога, то новая равновесная температура не будет столь высока, чтобы вызвать опасные для человека процессы. Концентрация цих газов в атмосфере измеряется в особых едини цах – объемных частях на миллион (ppm) в СО2-эквиваленте (сde). В настоящее время растет международный консенсус относительно критиче-ского повышения средней температуры земной по-верхности – необходимо удерживать прирост темпе-ратуры в пределах 2 °С.

Интернет 100%

Рис. 7-6

Список використаної літератури

1. Герман Хакен. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. – М.: Издательство URSS.
2. Князев Е.Н. Основания синергетики // Князев Е.Н., Курдюмов С.П. – М.: Издательство URSS.
3. Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика и хаос: основные понятия // Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. – М.: Издательство URSS.
4. Капица С.П. Синергетика и прогноз будущего // Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. – М.: Издательство URSS.
5. Конноли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2-у изд.: Пер. с англ. / Конноли Т., Бегг К., Страчан А. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 1120с.
6. An exalead s.a. client support document doc. no. en.120.0002.0-v4.6.1 - March 31, 2008 Copyright © 2003 - 2008 by Exalead S.A. All rights reserved.
7. Режим доступа: www.exalead.com - Exalead: Redefining Information Access for the Enterprise and the Web
8. Комов С.А. Журнал «Корпоративные системы», март 2005. Управление знаниями – что это и как ими управлять?
9. Стрижак О.Є. Засоби онтологічної інтеграції і супроводу розподілених просторових та семантичних інформаційних ресурсів. - 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., 2013. — Вип. 12. —1988 с.: іл. – Бібліогр. в кінці ст.
10. Найханова Л.В. Основные аспекты построения онтологий верхнего уровня и предметной области // В сборнике научных статей “Интернет-порталы: содержание и технологии”. Выпуск 3. / Редкол.: А.Н. Тихонов (пред.) и др.; ФГУ ГНИИ ИТТ “Информатика”. – М.: Просвещение, 2005. – С. 452-479.
11. Белоногов Г.Г., Кузнецов Б.А. Языковые средства автоматизированных информационных систем. М.: Наука, 1983.
12. Стрижак О.Є. Онтологический интерфейс как средство представления информационных ресурсов в ГИС-среде / М.А. Попова, А.Е. Стрижак // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2013. – Т. 26 (65). – № 1– С. 127-135.
13. Палагін А.В., Петренко Н.Г. Системно-онтологический анализ предметной области // УСиМ. – 2009. – № 4. – С.3–
14. Палагін О.В., Світла С.Ю., Петренко М.Г., Величко В.Ю. Про один підхід до аналізу та розуміння природномовних об’єктів. Комп’ютерні засоби, мережі та системи. -2008, №7. с.128-137.
15. Стрижак О.Є. Комп’ютерні тезауруси як технологічна платформа створення авторських методик викладання предметних дисциплін// Актуальні проблеми психології: Психоло-

- логічна теорія і технологія навчання/ за ред. С.М. Максименко, М.Л.Смульсон. – К.: Вид-во НПУ імені М.П.Драгоманова, 2009,- Т.8, вип..6. с.259-266.
16. Князева Е.Н. Трансдисциплінарні стратегії досліджень // Вестник ТГПУ. 2011. №10. .
 17. Палагин А.В. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области / А.В. Палагин, Н.Г. Петренко. – Математические машины и системы, 2007. – №3,4. – С. 63–75.
 18. Hermann Helbig: Knowledge Representation and the Semantics of Natural Language, Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2006
 19. Гладун В.П., Величко В.Ю. Конспектирование естественных языковых текстов. Proceedings of the XI-th International Conference “Knowledge-Dialogue-Solution”(KDS’2005).- Varna, Bulgaria.-2005.- vol.2.pp.344-347
 20. Гладун В.П., Величко В.Ю., Святогор Л.А. Тематический анализ естественно языковых текстов. Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: Труды международной конференции «Диалог 2006» (Бекасово, 31 мая – 4 июня 2006 г.) / Под ред. Н.И. Лауфер, А. С. Нариньяни, В. П. Селегея. – М.: Изд-во РГГУ.-2006.- с.115-118.
 21. Стрижак О.Є., Мінцер О.П., Палагін О.В., Величко В.Ю., Стрижак О.Є., Тахере Г. - Інструменти підтримки процесів аналітичної діяльності експерта при тематичному дослідженні інформаційних ресурсів та джерел/ Медична інформатика та інженерія №2, 2011. - стр. 12–23
 22. Марков А.А., Нагорный Н.М. Теория алгорифмов. — М.: Наука, 1984. — 432 с. — (Мат. логика и основания математики). || . — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Фазис, 1996. — 493 с. — 2000 экз. — ISBN 5-7036-0020-0
 23. Principles of Geographic Information Systems. Rolf A. de By (ed.). Second edition.— Enschede, The Netherlands, 2001, 490 p.

Стаття надійшла до редакції 14.03.13 українською мовою

© А.Е. Стрижак

ЗНАНИЯ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЕРТА-АНАЛИТИКА

В статье рассмотрены вопросы использования знания-ориентированных систем для обеспечения деятельности эксперта-аналитика, который анализирует большое количество неструктурированных, распределенных в сетевой среде информационных массивов. Рассматриваются инструменты и методики их использования при исследовании определенного количества неструктурированных информационных массивов. Предлагается онтологический подход, на основе которого формируются тематические тезаурусы при автоматизированном просмотре неструктурированных информационных массивов. Предоставляется пример применения методики формирования тезауруса с использованием системы ТОДОС.

© O.E. Stryzhak

KNOWLEDGE-ORIENTED SYSTEMS FOR THE SUPPORT OF AN EXPERT ANALYST

This paper consider the use of knowledge-oriented systems for the support of an expert analyst that analyzes a large number of unstructured distributed network environment information files. We consider the tools and techniques they use when examining a number of unstructured information files. Ontological approach is proposed, based on which emerging thematic thesauri for automatic browsing of unstructured information files. Small example of a method of forming a thesaurus using a system TODOS.

УДК 004.822+502+504.06+528

© М.А. Попова

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

МОДЕЛЬ ОНТОЛОГІЧНОГО ІНТЕРФЕЙСУ АГРЕГАЦІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ У ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

У статті розглядається питання розробки та застосування онтологічного інтерфейсу як ефективного засобу забезпечення процесів інтеграції розподілених інформаційних ресурсів та систем на основі використання семантичних властивостей та подання інформації в наочній легкодоступній формі з метою створення та використання інформаційно-аналітичних систем у галузі екологічної безпеки.

Ключові слова: онтологія, онтологічний інтерфейс, онтограф

Вступ. На сьогоднішній день питання екологічної безпеки на Землі постало особливо гостро перед світовою цивілізацією. Надреальних рис набуває глобальна екологічна криза, що ставить під загрозу існування Homo sapiens, адже природа самотужки вже не в змозі нейтралізувати результати господарсько-економічної діяльності людського суспільства [1].

Сучасна екологічна ситуація – результат діяльності людини, спрямованої на задоволення її потреб. Людство досягло олімпу сучасної цивілізації завдяки постійній зміні природи відповідно до власних цілей, на які розраховувало, але одержало наслідки, на які не очікувало.

Тому питання підготовки експертів нового покоління з метою формування знань щодо екологічних процесів, чіткого розуміння основних закономірностей виникнення екологічних загроз та управління екологічною безпекою як складовою національної безпеки та набуття практичних навичок і вмінь для забезпечення сталого розвитку України є актуальним.

До обов'язків експерта з екологічної безпеки входить широке коло завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозом явищ і подій навколишнього світу, з осмисленням і виділенням головних факторів і причин, а також їх можливих наслідків, з плануванням стратегічних рішень і поточних наслідків дій. До того ж швидкість, зручність, продуктивність і надійність експертної діяльності вимагають розробки і створення нових інформаційних моделей підтримки прийняття рішень.

Таким чином, актуальною є задача створення «дружнього інтерфейсу» інформаційно-аналітичного середовища з використанням класифікації, систематизації та візуалізації логіко-ієрархічних зв'язків між поняттями предметної області, що надасть експерту можливість

виявляти принципово нові взаємозв'язки, які раніше не були відомі, інтеграції різноформатних інформаційних ресурсів, що сприяє зміщенню акцентів із пасивних методів пошуку, орієнтованих на передачу інформації, до ширшого застосування активних методів аналізу проблематики і пошуку найефективніших рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на аналіз сучасних методів та засобів представлення інформаційних ресурсів інтерфейси систем такого типу призначені для функціонування у гетерогенних розподілених інформаційних середовищах і тому базуються на методах штучного інтелекту та парадигмі Semantic Web.

На сьогоднішній день одним із домінуючих рішень Web-технологій, яке зводить до єдиної структури як корпоративні документи і матеріали, так і Інтернет-ресурси, є портальні. Розрізняють різні типи порталів, залежно від функцій, які вони виконують.

Найпростіший тип – інформаційні портали (Information Portals), які поєднують людей з інформацією, забезпечують персоніфікований доступ до ресурсів та даних за допомогою класифікатора, з можливістю проведення наскрізного повнотекстового і атрибутивного пошуку.

Портали для сумісної роботи (Collaboration Portals) підтримують різні засоби взаємодії людей, засновані на комп'ютерних технологіях. Такі портали надають інформацію і забезпечують роботу групи співробітників над певною задачею, проектом (фактично, автоматизують бізнес-процеси в організаціях).

Експертні портали або портали експертизи (Expertise Portals) поєднують людей один з одним на основі їх досвіду, області експертизи та інтересів. Такі системи забезпечують підключення до експертів на основі їх знань. Не завжди такий портал містить потрібну користувачеві інформацію, однак, у разі її відсутності може підключити користувача до відповідних фахівців, які можуть поділитися необхідною інформацією, надати експертні оцінки стосовно конкретних питань.

Портали знань (Knowledge Portals) – це інтегровані портали, які комбінують можливості вищеперелічених типів і забезпечують надання персоніфікованої інформації з урахуванням конкретної роботи, яку виконує кожен користувач у певний час [6].

Онтологічний інтерфейс повинен мати усі властивості перелічених портальних рішень, тобто комбінувати в собі три типи порталів: з використанням комп'ютерних технологій з'єднувати людей з інформацією та людей один з одним на основі таких критеріїв як досвід, область експертизи, спільні інтереси тощо.

Інформаційно-аналітичне середовище експерта з екологічної безпеки може мати ієрархічну або мережну структуру, тобто складатися із більш спеціалізованих середовищ чи систем, пов'язаних деякими відношеннями, наприклад «загальне - часткове». Оскільки архітектура такого середовища повинна надавати гнучкості, можливості до розширення функціональності та агрегації розподілених в мережі інформаційних ресурсів, необхідним є створення ергономічного інтерфейсу користувача, що забезпечує Web-доступ до них.

Тому в основі такого інтерфейсу має бути онтологія, яка умовно поділяється на дві частини: перша містить опис структури інформаційно-аналітичного середовища експерта, дру-

га – ресурси, що описують обрану предметну область.

Мета статті. Розробка онтологічного інтерфейсу для підвищення ефективності підтримки прийняття рішень експертів на основі створення та використання формалізованої інформаційної системи в галузі екологічної безпеки.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день інформаційні ресурси, що використовуються в процесі прийняття рішень, є розподіленими. Сучасні мережні технології та широке розповсюдження Internet надають можливість доступу та використання цих ресурсів шляхом об'єднання територіально розподілених джерел інформації такого роду. Онтологічний інтерфейс дозволяє візуалізувати результат процесів інтеграції та агрегації розподілених інформаційних ресурсів у процесі організації взаємодії користувачів у легкодоступній наочній формі.

Онтологія визначає загальнозживані, семантично значущі «понятійні одиниці інформації», якими оперують дослідники і розробники інформаційних систем. На відміну від інформації, закодованої в алгоритмах, онтологія забезпечує її уніфіковане і багаторазове використання різними групами дослідників, на різних комп'ютерних платформах під час вирішення різних задач.

Онтологія деякої ПдО в загальному випадку формально представляється Т. А. Гавриловою та Ф. В. Хоросhevським в [2] впорядкованою трійкою:

$$O = \langle X, R, F \rangle, \quad (1)$$

де X, R, F - кінцеві множини відповідно:

X - концептів (понять, термінів) предметної області;

R - відношень між ними;

F - функцій інтерпретації (визначень) X та/або R .

Виділяємо 5 типів онтологій:

$X = \emptyset, R = \emptyset, F = \emptyset$ – неструктурований текст;

$X \neq \emptyset, R = \emptyset, F \neq \emptyset$ – глосарій;

$X \neq \emptyset, R \neq \emptyset, F = \emptyset$ – таксономія;

$X \neq \emptyset, R = \emptyset, F = \emptyset$ – проста онтологія;

$X \neq \emptyset, R \neq \emptyset, F \neq \emptyset$ – активна онтологія.

Активна онтологія ($R \neq \emptyset, F \neq \emptyset$) – це така онтологія, в якій множини концептів та концептуальних відношень максимально повні, а до функцій інтерпретації додаються аксіоми, визначення та обмеження. Опис всіх компонент представлений деякою формальною мовою, яка доступна для їх інтерпретації комп'ютером.

$$O = \langle X, R, F, A(D, R_s) \rangle, \quad (2)$$

де $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$, $i = \overline{1, n}$, $n = \text{Card } X$ – скінченна множина концептів (понять-об'єктів) заданої ПдО;

$R = \{R_1, R_2, \dots, R_k, \dots, R_m\}$, $R \subseteq X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$, $k = \overline{1, m}$, $m = \text{Card } R$ - множина концептуальних відношень між ними;

$F: X \times R$ - скінченна множина функцій інтерпретації, заданих на концептах і/або відношеннях;

A - скінченна множина аксіом, яка складається з множини визначень D^i і множини обмежень Rs^i для поняття X_i . Визначення записуються у вигляді тотожно істинних висловлювань, які можуть бути взяті, зокрема, з тлумачних словників ПдО. В них можуть бути зазначені додаткові взаємозв'язки понять X_i з поняттями X_j . У множині обмежень Rs_i можуть бути задані обмеження на інтерпретацію відповідних понять X_i ;

D - множина додаткових визначень понять;

Rs - множина обмежень, що визначають область дії понятійних структур.

Розглянемо множину обмежень та множину додаткових визначень.

D – множина додаткових визначень,

$D = X \times R \times Rs$,

Rs – множина обмежень,

$Rs = R^+ \times R$,

Rs – може бути розглянуто як замикання відношень R ,

R^+ – множина властивостей, які можуть характеризувати елементи множини R .

Оскільки будь-яке інформаційне середовище являє собою складну систему управління взаємодією користувачів з інформаційною системою, користувачів між собою, а також є засобом інтеграції розподілених інформаційних ресурсів і процесів, то під інформаційною системою розумітимемо сукупність організаційних і технічних засобів для збереження та обробки інформації з метою забезпечення інформаційних потреб користувачів.

Системними компонентами є:

- типи даних, які інтерпретують процеси;
- процедури, які обробляють відповідні типи даних;
- джерела, які визначають безпосередньо типи даних та задають їх значення;
- споживачі чи фіксуючі пристрої.

Інформаційна система розглядається через множину представників - задач, які можуть бути вирішені за допомогою інформаційної системи.

Задача проблемної ситуації з набором заданих цілей може бути представлена у вигляді кортежу

$$T = \langle K, K^*, Aim \rangle, \quad (3)$$

K – модель ПдО, яка відображає проблемну ситуацію;

K^* – кортеж станів ПдО, які актуалізуються на кожному кроці досягнення цілей;

$$K^* = \langle K_0, K_1, \dots, K_i, \dots, K_n \rangle, \quad (4)$$

$Aim = F \times R$ – набір цілей.

Таким чином, *онтологічний інтерфейс* має вигляд:

$$I = \langle K, K^*, F \times R, X, R, F, A, (X \times R \times R_s, R^+ \times R) \rangle, \quad (5)$$

$$I = \langle K, K^*, Aim, X, R, F, A, (D, R_s) \rangle. \quad (6)$$

Онтологічний інтерфейс — засіб зручної взаємодії користувача з інформаційною системою, призначений для вирішення множини задач проблемної ситуації шляхом використання активної онтології.

$$I = \langle T, O \rangle, \quad (7)$$

Формально технологічний базис формування онтологічного інтерфейсу визначається навантаженим дводольним графом.

$$G = (V_1 \cup V_2, E), \quad (8)$$

де $V_1 \cap V_2 = \emptyset$, вершини з V_1 розмічені іменами предикатів, а вершини з V_2 — іменами аргументів;

E — множина дуг (ребер). Дуги графа з'єднують вершини, помічені іменами предикатів, з вершинами, поміченими іменами аргументів.

Вершини з множини V_1 називаються вузлами-предикатами, вершини з V_2 — вузлами-концептами, а самі предикати — концептуальними предикатами.

Висловлювання формується на основі композиції вершин, інцидентних до одного ребра.

Алгоритм формування:

1. Визначається перша вершина (ліва або права) за напрямком відношення, якщо воно не комутативне;
2. Обирається ліва/права вершина та інцидентне ребро;
3. Обирається права/ліва вершина з інцидентним ребром, яке має ліву/праву вершину;
4. Дводольний граф визначається як висловлювання.

Обчислюється значення висловлювання: істинність — вершини включаються до множини об'єктів інтерфейсу, хибність — вершини не входять до цієї множини.

Алгоритм формування об'єктів онтологічного інтерфейсу як множини істинних висловлювань може бути представлений у загальному вигляді нормального алгоритму Маркова [3,5].

Візуалізація інформації у вигляді ієрархічного графу допомагає користувачеві:

- швидко знаходити потрібний елемент в ієрархії;
- розуміти зв'язок елемента з контекстом;
- забезпечувати можливість прямого доступу до інформації при вершинах.

Мережевий граф може виступати не лише засобом організації інформації. Розширюючи його традиційні функції завдяки відображенню у вигляді онтологічного інтерфейсу, граф можна перетворити на середовище, в якому забезпечується активна робота з розподіленими інформаційними ресурсами.

Формування онтологічного інтерфейсу інформаційно-аналітичного середовища експерта включає чотири етапи:

1. Попередній аналіз документації з екологічної безпеки. Виділення концептів-понять та об'єднання їх за властивостями у відповідні класи.
2. Формування таблиці класів концептів-понять на основі множини семантичних відповідностей між поняттями.
3. Побудова онтологічного графа.
4. Візуалізація онтографу та формалізований опис онтології екологічної безпеки [5].



Рис.1 — Фрагмент онтологічного інтерфейсу. Клас Фітоіндикатори ІФХ

Використання геоінформаційних систем надає додаткових можливостей візуалізації даних з географічною прив'язкою та використання численних аналітичних інструментів для підвищення рівня ефективності прийняття рішень у галузі екологічної безпеки.

У геоінформаційних системах класи об'єктів онтології складають шари тематичної карти, а самі об'єкти, які входять до відповідного класу, є об'єктами шару.

Атрибутивна інформація про об'єкти онтології, наведена в онтографі, відображається на карті у вигляді вкладень. Тобто кожна вершина графу має власну «базу даних», що містить інформацію (текст, фото-, відео-, аудіофайли, гіперпосилання), необхідну для ґрунтов-

ного ознайомлення з обраним об'єктом, і може поповнюватися надбаннями та пошуковими запитами експертів-користувачів ГІС [4].

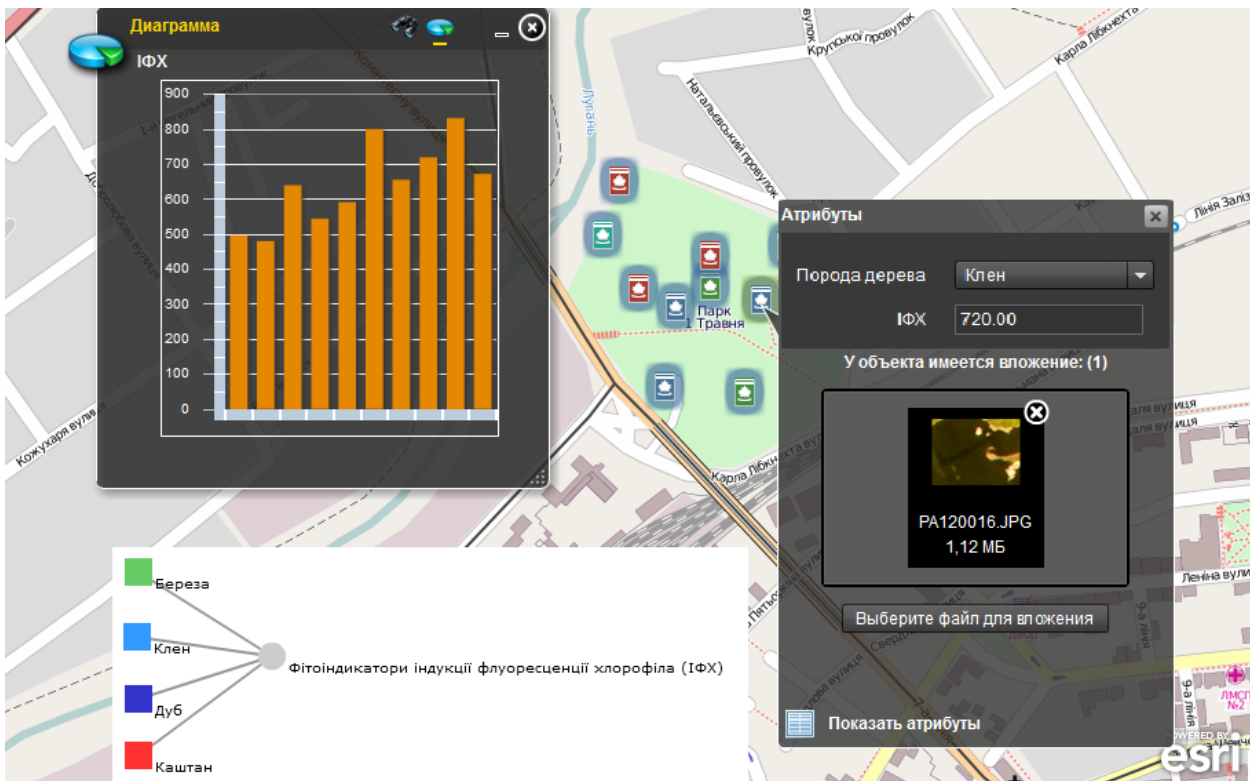


Рис. 2 — Фрагмент тематичної карти з активним шаром «Фітоіндикатори ІФХ» (відповідно до класу об'єктів онтології) з відображенням атрибутивної інформації та засобу ГІС-аналізу

Висновки. Отже, використання онтологічного підходу до класифікації, систематизації та використання інформаційних ресурсів на основі застосування семантичних властивостей дає можливість експерту виявляти принципово нові взаємозв'язки, які раніше не були відомі, засоби ГІС-аналізу - досліджувати та оцінювати передпроектні, проектні та інші матеріали чи об'єкти, а онтологічний інтерфейс для візуалізації інтеграції розподілених інформаційних моделей та систем - робити висновки про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Список використаної літератури

1. Вернадський В.І. Вибрані твори по історії науки / В.І. Вернадський – М. : Наука, 1981. – с. 214-232.
2. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. –СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

3. Марков А. А. Теория алгоритмов./ А. А. Марков, Н. М. Нагорный — М.: Наука, 1984. — 432 с. — (Мат. логика и основания математики). || . — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Фазис, 1996. — 493 с. — 2000 экз. — ISBN 5-7036-0020-0
4. Попова М. А. Онтологический интерфейс как средство представления информационных ресурсов в ГИС-среде / М.А. Попова, А.Е. Стрижак // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. — 2013. — Т. 26 (65). — № 1— С. 127-135.
5. Стрижак О.Є. Засоби онтологічної інтеграції і супроводу розподілених просторових та семантичних інформаційних ресурсів. - 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., 2013. — Вип. 12. —1988 с.: іл. — Бібліогр. в кінці ст.
6. Шинкарук В.Д. Здійснення процедур акредитації, ліцензування та рейтингування вищих навчальних закладів України з використанням онтологічного підходу. Навчально-методичний посібник / Укладачі: В.Д. Шинкарук, М.В. Михайліченко, М.Ф. Бондаренко, Н.С. Лесна, Н.В. Рябова, М.В. Климова, Н.О. Волошина, В.Б. Репка, Г.А. Воскобойникова. — Харків: ХНУРЕ, 2008. — с.

Стаття надійшла до редакції 22.04.13 українською мовою

© М.А. Попова

**МОДЕЛЬ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА АГРЕГАЦИИ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В ОБЛАСТИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС**

В статье рассматривается вопрос разработки и применения онтологического интерфейса как эффективного средства обеспечения процессов интеграции распределенных информационных ресурсов и систем на основе использования семантических свойств и представление информации в наглядной легкодоступной форме с целью создания и использования информационно-аналитических систем в области экологической безопасности.

© M.A. Popova

**THE ONTOLOGICAL INTERFACE DISTRIBUTED INFORMATION RESOURCES
AGGREGATION MODEL IN ENVIRONMENTAL SAFETY WITH GIS USING**

This article discusses the development and application of the ontological interface as an effective means of ensuring the processes of integration of distributed information resources and systems based on the use of semantic features and visual presentation of information in an easily accessible manner to the creation and use of information-analytical systems for environmental safety.

УДК 549.61 : 530; 544.163.2 : 544.228

© **В.В. Радчук**¹, д-р геол. наук, зав. отделом;
А.Е. Гречановский², канд. физ.-мат. наук, старш. научн. сотрудник;
А.Б. Брик², д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. НАН Украины, зав. отделом;
Б.Г. Шабалин³, д-р геол. наук, зав. отделом

¹Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины,
г. Киев

²Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семенко НАН Украины,
г. Киев

³Государственное предприятие «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»,
г. Киев

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ
В МИНЕРАЛАХ В СВЯЗИ С РЕШЕНИЕМ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ,
МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ
(ЧАСТЬ ПЕРВАЯ)**

Радиационная устойчивость циркона $ZrSiO_4$ и ксенотима YPO_4 изучена с помощью методов компьютерного моделирования. Методом молекулярной динамики изучено формирование в цирконе поврежденной области после прохождения атома тория с энергией 20 кэВ. Проанализировано распределение междоузельных атомов кислорода в кристаллической решетке циркона. Установлено, что наилучшее согласие с экспериментом обеспечивает потенциал межатомного взаимодействия, параметры которого выведены из первых принципов. Также методом молекулярной динамики изучена радиационная устойчивость ксенотима. Описаны критерии выбора параметров межатомных потенциалов для моделирования альфа-распада в минералах. Рассмотрены особенности формирования и отжига изолированных дефектов в структуре ксенотима с помощью метода Мотта-Литтлтона. В рамках приближения сверхячейки изучена зависимость энергии френкелевских пар и вероятности их аннигиляции на протяжении отжига каскада смещения от расстояния между вакансией и междоузлем.

Ключевые слова: радиационная устойчивость минералов, изоляция радиоактивных отходов, компьютерное моделирование структуры и свойств кристаллов, дефекты Френкеля, молекулярная динамика и расчет каскадов смещенных атомов

1. Вступление

Изучение радиационно-стимулированных процессов в минералах имеет большое значение для решения широкого круга как фундаментальных, так и прикладных задач. Фундаментальные задачи связаны с выяснением механизмов формирования радиационных дефектов в минералах, а также факторов, которые определяют радиационную стойкость минералов и горных пород [1, 2]. Прикладные задачи связаны с ретроспективной дозиметрией, с изоляцией радиоактивных отходов (РАО), а также с использованием информации о свойствах радиационных повреждений для восстановления условий образования минералов и их дальнейшей геологической истории [3-7].

Перечисленные выше задачи решаются в первую очередь с помощью экспериментальных исследований радиационных характеристик минералов, путем практического изготовления матриц для изоляции РАО, а также с помощью экспериментального изучения свойств горных пород, которые потенциальны для захоронения отходов атомной энергетики. Вместе с тем, прогресс в этой области знаний зависит не только от экспериментальных исследований, но от развития методов компьютерного моделирования радиационно-стимулированных процессов в минералах [8, 9]. Это обусловлено в первую очередь тем, что при решении многих важных задач методы компьютерного моделирования позволяют существенно сэкономить материальные ресурсы и время. Кроме того, компьютерное моделирование радиационных процессов в минералах способствует созданию научных основ радиационной минералогии, поскольку с помощью моделирования можно выяснять глубинные причины, которые определяют радиационную стойкость минералов и горных пород.

Целью данного исследования является обзор литературных данных и полученных нами результатов в области компьютерного моделирования радиационных процессов в минералах, а также анализ возможности использования результатов, полученных с помощью компьютерного моделирования, для решения прикладных задач, связанных с безопасной изоляцией РАО. В первой части этого исследования приведены детальные исследования радиационной устойчивости минералов с островной структурой – циркона $ZrSiO_4$ и ксенотима YPO_4 . Во второй части исследования будут приведены результаты компьютерного моделирования авторадиационного повреждения в структуре простых и сложных оксидов.

2. Общая характеристика проблем, связанных с атомной энергетикой, и методов компьютерного моделирования

В последние десятилетия в ряде стран наметилась тенденция увеличения использования электроэнергии, вырабатываемой на АЭС. Так, по данным МАГАТЭ за 2009 год доля электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, составляет 75 % во Франции, 49 % в Украине, 20 % в США, 18 % в РФ. С другой стороны, современное состояние и перспективы развития атомной энергетики связаны со способностью эффективного и безопасного обращения с ядерными отходами. Развитие атомной энергетики порождает ряд проблем, которые касаются изоляции долговсуществующих РАО в глубокие (более сотни метров от поверхности) геологические хранилища. Одной из главных проблем в этом смысле является выбор радиаци-

онно устойчивых матриц, которые при контакте с долгосуществующими высокоактивными отходами (ВАО) на протяжении длительного времени не будут изменять свои изоляционные свойства под воздействием радиогенных и химических факторов. В настоящее время в качестве матриц для изоляции ВАО, получаемых при переработке отработанного ядерного топлива, используют алюмофосфатные или боросиликатные стекла. Однако ВАО могут храниться в таких матрицах не более 30-40 лет.

Поэтому ведётся поиск матриц с более приемлемыми эксплуатационными характеристиками. Было установлено, что для долговременной изоляции ВАО кристаллические матрицы и керамика на их основе подходят значительно лучше. К настоящему времени разработан целый ряд керамических материалов для изоляции ВАО, включая оружейный плутоний. Активно исследуются материалы на основе перовскита CaTiO_3 , цирконолита $\text{CaZrTi}_2\text{O}_7$, бадделеита ZrO_2 , циркона ZrSiO_4 , сфена $\text{CaTi}(\text{SiO}_4)(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$, титанатных и цирконатных пирохлоров $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ и $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, монацита $(\text{Ce}, \text{La})\text{PO}_4$, ксенотима YPO_4 , апатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ и других сложных оксидов [10-15].

Радиационное повреждение, возникающее в результате распада радионуклидов, накапливается в матрицах на протяжении очень длительного промежутка времени. Поэтому для изучения радиационных дефектов, возникающих при воздействии ВАО и Pu на керамику, необходимо применять ряд методов ускоренного облучения:

1. Моделирование α -распада актинидов с большим временем полураспада может быть осуществлено введением в матрицу актинидов с малым временем полураспада, таких как ^{238}Pu (период полураспада 87,7 лет) и ^{244}Cm (период полураспада 18,1 лет). Для получения в лабораторных условиях в течение нескольких лет дозы 10^{18} - $3 \cdot 10^{19}$ α -распадов/г используют концентрации от 0,2 % до 3 % этих актинидов [16]. При этом скорость повреждения составляет 10^{-10} - 10^{-8} сна/с. Этот метод эффективно моделирует воздействие α -частиц и ядер отдачи на структуру исследуемых материалов.

2. Облучение материалов заряженными частицами с использованием электронов [17], протонов, α -частиц [18-20] и тяжёлых ионов может быть использовано для моделирования эффектов радиационного повреждения в широкой области температур. При этом используются ускорители частиц и высокие скорости облучения (10^{-5} - 10^{-2} сна/с). Поэтому значительные дозы достигаются в течение нескольких минут.

Интерпретация результатов таких экспериментов может значительно усложняться вследствие того, что площадь облучения является тонким приповерхностным слоем, ограниченным боковой поверхностью. Высокая поверхностная площадь может действовать как сток для перемещающихся дефектов, и доза облучения, необходимая для аморфизации, может быть выше, чем в случае внутреннего облучения. Имплантация ионов может также изменить свойства мишени в результате изменений химического состава.

3. Гамма-облучение от источников ^{60}Co и ^{137}Cs используется для моделирования излучения в стеклах α -частиц и α -лучей [21-23].

В случае керамики этот метод используется редко из-за слабого воздействия ионизационных процессов на радиационное повреждение многих оксидов. С другой стороны, некото-

рые фазы керамических матриц для иммобилизации продуктов деления могут быть подвержены радиационному повреждению под воздействием γ -лучей.

Несмотря на то, что перечисленные выше методы помогают исследовать радиационную устойчивость материалов, их недостатком являются большие скорости повреждения. Так, ВАО характеризуются скоростью повреждения матриц 10^{-16} - 10^{-11} сна/с, в то время как легирование актинидами даёт 10^{-10} - 10^{-8} сна/с, а облучение пучком тяжелых ионов – 10^{-5} - 10^{-2} сна/с. Вместе с тем, в природе на протяжении миллионов лет существуют минералы, содержащие ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th и продукты их радиоактивного распада. Концентрации актинидов могут достигать 30 мас. % UO_2 в пироклорах, которые, в зависимости от возраста образца, могут накапливать дозы до 10^{19} α -распадов/г и выше. Другие минералы, такие как цирконы, содержат микроколичества урана (до 5000 ppm), однако для времён порядка 10^9 лет накопленные дозы могут также достигать 10^{19} α -распадов/г [24].

Во многих случаях такие дозы достаточны для радиационно-индуцированного перехода из кристаллического в рентгеноаморфное состояние, которое называется “метамиктным”. Кроме того, существует значительное количество U-, Th-содержащих минералов, которые являются неметамиктными и, следовательно, изучение таких минералов может содействовать разработке радиационно-устойчивых матриц.

Свойства целого ряда метамиктных минералов были подробно изучены в литературе [25-27]. Минералы, изоструктурные с кристаллическими фазами керамических матриц, могут рассматриваться как природный аналог керамических матриц при изучении эффектов радиационного повреждения [28, 29]. При этом использование минералов имеет серьёзное преимущество по сравнению с другими методами исследования радиационного повреждения материалов – скорость облучения в них меньше 10^{-17} сна/с, а время излучения может достигать сотен миллионов лет и более.

Однако непонятным является то, почему одни минералы, в структуре которых уран или торий являются основными элементами, могут быть радиационно устойчивыми, в то время как другие, в которых эти элементы являются примесными, могут быть метамиктными. Понимание физической сути метамиктизации U-, Th- минералов даст возможность предложить методы прогнозирования радиационной устойчивости матриц для иммобилизации ВАО и их последующей изоляции.

Процессы формирования и отжига поврежденной области, возникающей в результате α -распада, как правило, длятся десятки пикосекунд. Поэтому для изучения повреждения минералов под действием α -распада проводят компьютерные модельные эксперименты.

Ниже описана методика моделирования методом молекулярной динамики, возможности и преимущества данного метода, а также детально описаны особенности моделирования с применением программного комплекса DL_POLY. Компьютерная молекулярная динамика (МД) является одним из наиболее мощных вычислительных методов, эффективно применяемых для моделирования физических систем [30]. Метод МД моделирования позволяет вычислять классические траектории отдельных атомов и групп атомов, исследовать динамику взаимодействия частиц в конденсированных системах (в том числе и в минералах), позволяет

получить информацию о процессах, происходящих на атомно-молекулярном уровне и во времени порядка нескольких десятков пикосекунд.

Выполнение компьютерных моделирований проводят с целью понимания свойств ансамбля молекул с точки зрения их структуры и микроскопических взаимодействий между ними. Хотя эти вычисления являются вспомогательными по отношению к обычным экспериментам, они обеспечивают связь между теорией и экспериментом. Они также являются единственной возможностью изучения многочастичных систем в тех случаях, когда экспериментальные методы и аналитические теории не могут быть применены.

Метод МД состоит в вычислении траекторий движения всех атомов системы на основе второго закона Ньютона. В качестве исходных данных задаются начальные координаты и скорости всех атомов, а также межатомные потенциалы взаимодействия. В большинстве таких модельных «экспериментов» атомы наделяются некоторыми эффективными зарядами. Величина этих зарядов зависит от степени ковалентности межатомных связей и может изменяться от нуля (для ковалентных соединений) до значений формальных зарядов ионов (для ионных кристаллов). Кроме кулоновского взаимодействия всех электростатических зарядов между собой, в потенциале межатомного взаимодействия учитывается отталкивание электронных оболочек атомов и диполь-дипольное взаимодействие между атомами с помощью короткодействующих потенциалов следующего вида:

а) потенциал Букингема

$$V(r) = A \cdot \exp(-r/\rho) - C \cdot r^{-6}, \quad (2.1)$$

где r – расстояние между двумя атомами (Å), A – предэкспоненциальный множитель для члена, характеризующего отталкивание (эВ), ρ – параметр жесткости (Å), C – силовой параметр Ван-дер-Ваальсового взаимодействия (эВ·Å⁶);

б) потенциал Морзе

$$V(r) = D \cdot [\exp(-2\alpha(r-r_0)) - 2\exp(-\alpha(r-r_0))], \quad (2.2)$$

где D – энергия диссоциации связи между атомами (эВ), α – параметр мягкости (Å⁻¹), r_0 – стандартная длина связи между атомами (Å).

В структуре минерала выбирается фрагмент, содержащий от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов атомов. Один из атомов фрагмента структуры минерала замещается атомом тория. На предварительном этапе моделирования фрагмент структуры приводится в состояние теплового равновесия в течение 10 пс при температуре моделирования $T_{\text{мод}}$ (которая, как правило, составляет 300 К) с использованием ансамбля NPT (количество атомов N во фрагменте структуры, давление P на его стенки и температура T остаются постоянными). На малых межатомных расстояниях (меньше 1 Å) используется потенциал ZBL , который вводится для учета сильного межъядерного отталкивания [31]. Временной шаг моделирования, как правило, составляет 0,5-1,0 фс в зависимости от типа атомов минерала, от его структуры

и от температуры моделирования.

Основной этап моделирования выполняется с использованием микроканонического ансамбля NVE (количество атомов N во фрагменте структуры, объем структуры V и энергия E остаются постоянными). В начале этого этапа задается направление движения и скорость атома тория, которая соответствует определенной кинетической энергии.

Энергия первично выбитого атома выбирается из расчета 25-50 атомов на один эВ в зависимости от упругих свойств минерала, чтобы все атомы, формирующие КСА, находились в центральной области фрагмента структуры. Таким образом, для фрагмента структуры, состоящего из 1 млн. атомов, была выбрана энергия 20 кэВ. Ограниченные вычислительные возможности не позволили рассматривать больший фрагмент структуры. Однако, использование невысоких энергий первично выбитого атома относительно энергии атома отдачи оправдано тем, что начиная с энергии 5-10 кэВ количество френкелевских пар (ФП), которые образуются в цирконе, растет линейно с энергией первично выбитого атома [32].

Вместо движения первично выбитого атома тория (аналога атома отдачи Th-231, возникающего при α -распаде U-235) более оправданно было бы рассмотреть движение U-235, который образуется при α -распаде Pu-239. Поскольку различие между массами изотопов U-235 и Th-231 незначительно, то можно полагать, что количество ФП, деленное на их начальную кинетическую энергию, которое формируется при движении этих атомов, будет приблизительно одинаково [32]. Таким образом, для вычисления количества ФП, которые формируются в цирконе при α -распаде U-235, необходимо умножить количество ФП, возникающих при движении первично выбитого атома Th с энергией 20 кэВ, на коэффициент 3,5, а при α -распаде Pu-239 – на коэффициент 4,5.

В результате критического анализа характеристик различных программ в качестве программы по МД моделированию был выбран программный комплекс DL_POLY [33], разработанный для моделирования фрагментов структур минералов, макромолекул, полимеров и ионных систем.

Для проведения расчетов с помощью программного комплекса DL_POLY исходные данные задаются в виде 4-х файлов (CONFIG, CONTROL, FIELD, TABLE). В файле CONFIG задается тип граничных условий (периодические, непериодические), размер фрагмента моделирования, обозначение и нумерация атомов системы, их координаты (а также при необходимости скорости и силы). В файле CONTROL задаются параметры, необходимые для численного интегрирования уравнений движения: температура, давление, тип ансамбля (NVE , NPT и др.), временной шаг моделирования, энергия и направление движения атома отдачи, количество шагов, время работы. В файле FIELD задаются массы и эффективные заряды всех типов атомов, а также тип и параметры потенциалов межатомного взаимодействия. Файл TABLE используется, если межатомные потенциалы необходимо задавать в табулированной форме.

На протяжении времени $t = 0-1$ пс скорость некоторых атомов может достигать достаточно больших значений (вплоть до 10^3 Å/пс и выше). Поэтому для регулирования значения временного шага моделирования используется алгоритм «переменного временного шага». В

конце каждого шага проводится вычисление максимального расстояния, которое проходят атомы. Если достигается максимальное расстояние (D_{\max}), то значение временного шага делится пополам и шаг повторяется. Если наибольшее смещение меньше минимального расстояния (D_{\min}), то значение временного шага увеличивается в два раза и шаг повторяется. Рекомендуемые значения составляют $D_{\min} = 0,02 \text{ \AA}$ и $D_{\max} = 0,06 \text{ \AA}$.

Еще одной особенностью авторадационных процессов в минералах является то, что энергия атома отдачи рассеивается в объеме, значительно превышающим рассматриваемый фрагмент минерала. Поэтому для учета отвода тепла из этой области на границах фрагмента размером 7 \AA поддерживается температура $T_{\text{мод}}$.

Таким образом, в данном разделе описана методика моделирования методом молекулярной динамики, потенциалы межатомного взаимодействия и особенности моделирования с применением программного комплекса DL_POLY.

На основании приведенной выше информации можно сделать вывод, что метод молекулярной динамики позволяет получать информацию о поведении системы на атомном уровне (наноуровне) и во временном интервале, составляющим десятки пикосекунд. Поэтому при изучении α -распада этот метод может дать важную информацию, которая касается формирования каскадов смещенных атомов и процессов релаксации в поврежденной структуре.

3. Модели аморфизации структуры циркона

В данном разделе описаны различные модели накопления дефектов в структуре циркона под действием авторадации. На основе этих моделей построены зависимости степени аморфизации в цирконе от дозы авторадации. Полученные результаты сравнены с экспериментальными данными.

Циркон является одним из минералов, который активно используется для изучения метамиктности методом компьютерного моделирования. Радиационное повреждение, возникающее в цирконе, как и других минералах, приводит к одновременному накоплению точечных дефектов и аморфных областей, в которых отсутствует дальний порядок. Аморфные области при этом, как правило, перекрываются между собой.

Предполагается, что процессы локальной аморфизации происходят вследствие спонтанного разрушения локальной структуры кристалла и дальнего порядка. Это происходит в результате высокой локальной концентрации дефектов, когда свободная энергия области с высокой дефектностью станет равной свободной энергии аморфного состояния [34].

Высокая локальная концентрация дефектов, необходимая для аморфизации, может быть достигнута как в каскаде смещений, возникающим при движении ядра отдачи, так и при перекрывании нескольких каскадов смещений, при котором локальная концентрация дефектов возрастает.

Ранее было разработано ряд моделей для описания процессов аморфизации в полупроводниках, облученных потоком ионов [35-38]. Эти модели можно использовать при анализе процессов аморфизации минералов, происходящих в результате процессов авторадации.

Общее увеличение объёма циркона при аморфизации дается выражением:

$$\Delta V_M / V_0 = f_c \Delta V_{uc} / V_0 + f_a \Delta V_a / V_0, \quad (3.1)$$

где f_c – массовая доля кристаллической фазы, f_a – массовая доля аморфной фазы, $\Delta V_{uc}/V_0$ – среднее изменение объёма элементарной ячейки, $\Delta V_a/V_0$ – изменение объёма, связанное с аморфной фазой.

Изменение объёма, связанное с аморфизацией, является постоянной величиной. В случае циркона, допированного плутонием, эта величина составляет 16,6 %. На рис. 3.1 приведены вклады в общее увеличение объёма циркона от кристаллической и аморфной фаз.

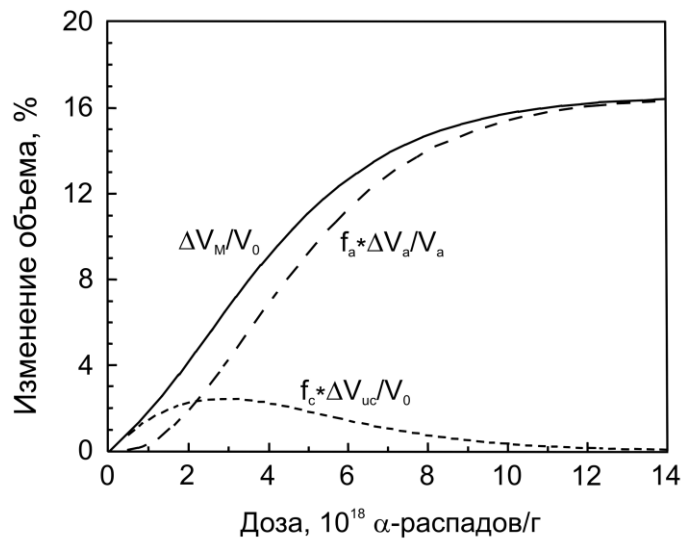


Рис. 3.1 — Зависимость изменения объёма в цирконе, допированном Рu, от дозы авторадиации [39]

Теперь рассмотрим аморфизацию в цирконе в отсутствие отжига дефектов в аморфной фазе. В соответствии с моделью «прямой аморфизации» любое ядро отдачи приводит к возникновению аморфной области [35-38].

Уменьшение кристаллической фазы при каждом α-распаде можно описать уравнением

$$\frac{dm}{dN} = -\frac{m}{m_0} B_a, \quad (3.2)$$

где m – масса кристаллической фазы, m_0 – масса образца, B_a – масса образца, переходящего в аморфное состояние при одном альфа-распаде.

В результате получаем:

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{m}{m_0} = \exp\left(-\frac{N}{m_0} B_a\right) = \exp(-B_a D) \\ f_a &= 1 - \exp(-B_a D) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Однако многие экспериментальные данные [39] плохо согласуются с зависимостью (3.3). Поэтому была разработана модель “одинарного перекрытия”

$$f_a = 1 - [(1 + B_a D) \exp(-B_a D)] \quad (3.4)$$

и модель “двойного перекрытия”

$$f_a = 1 - [(1 + B_a D + B_a^2 D^2 / 2) \exp(-B_a D)]. \quad (3.5)$$

Ряд экспериментальных данных лучше всего описывается зависимостью (3.5), что проиллюстрировано на рис. 3.2. Физически модель “двойного перекрытия” основана на предположении, что определенная концентрация локальных дефектов, которая соответствует перекрытию трех каскадов смещений, необходима для достижения аморфизации.

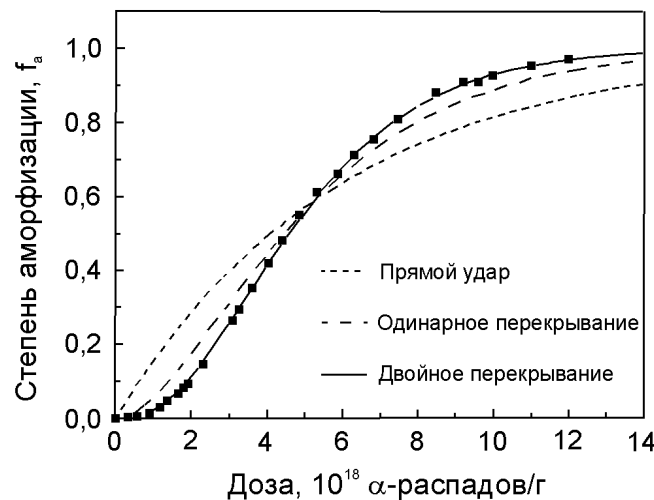


Рис. 3.2 — Зависимость степени аморфизации в цирконе, допированном Рн, от дозы авторадиации [39]

Таким образом, в соответствии с моделью «прямой аморфизации» любое ядро отдачи приводит к возникновению аморфной области. Однако эта модель согласуется не со всеми экспериментальными данными. Поэтому в ряде случаев используют модель “одинарного перекрытия” (перекрытие двух каскадов) и модель “двойного перекрытия” (перекрытие трех каскадов).

3.1 Исследование перекрытия нескольких каскадов смещений в структуре циркона методом молекулярной динамики

В данном разделе с использованием метода молекулярной динамики изучено радиационное повреждение структуры циркона при перекрытии нескольких каскадов смещений.

Рассмотрено образование в поврежденной структуре нанопор и наноканалов, присутствие которых может значительно увеличить вынос радионуклидов.

Как было указано выше, для достижения аморфизации необходимо перекрывание 2-3 каскадов смещений. Для теоретического изучения процессов, происходящих в структуре циркона при перекрывании нескольких последовательных каскадов смещений, было проведено МД моделирование.

При моделировании были использованы межатомные потенциалы [40]. Взаимодействия Zr-O и O-O взяты в виде букингемовского потенциала, а взаимодействие Si-O в виде потенциала Морзе (табл. 3.1). Взаимодействие O-O характеризуется наличием диполь-дипольного взаимодействия ($C = 100 \text{ эВ} \cdot \text{Å}^6$).

Результаты показывают (табл. 3.2), что эти межатомные потенциалы хорошо воспроизводят структурные параметры и термодинамику, и неплохо – упругие свойства.

Таблица 3.1 — Межатомные потенциалы, использованные при моделировании циркона

Заряды на атомах: $q(\text{Zr})=3,428 e_0$, $q(\text{Si})=1,356 e_0$, $q(\text{O})=-1,196 e_0$					
Потенциал Букингема	Связь	A , эВ	ρ , Å	C , эВ·Å ⁶	R_{max} , Å
	Zr-O	1477,0	0,317	0	8,0
	O-O	9245,0	0,2617	100,0	8,0
Потенциал Морзе	Связь	D , эВ	σ , Å ⁻¹	r_0 , Å	R_{max} , Å
	Si-O	1,252	2,83	1,627	8,0

Таблица 3.2 — Сравнение экспериментальных и расчетных данных для межатомных потенциалов

	Эксперимент	«Zircon 2»	Δ , %
a , Å	6,607	6,641	0,51
c , Å	5,982	5,900	-1,37
$d(\text{Si-O})$, Å	1,620	1,578	-2,59
$d(\text{Zr-O}_1)$, Å	2,130	2,148	0,81
$d(\text{Zr-O}_2)$, Å	2,269	2,312	1,91
C_{11} , ГПа	424,0	434,4	2,5
C_{33} , ГПа	490,0	519,0	5,9
C_{44} , ГПа	114,0	106,6	-6,5
C_{66} , ГПа	49,0	31,5	-35,7
C_{12} , ГПа	70,0	48,0	-31,4
C_{13} , ГПа	149,0	146,9	-1,4
K , ГПа	223,9	226,1	1,0
G , ГПа	66,6	99,4	49,3
S_{300} , Дж/(К·моль)	84,6	75,7	-10,6
C_{300} , Дж/(К·моль)	98,6	93,9	-5,0

Фрагмент структуры, содержащий 1989792 атомов (размеры фрагмента 28 нм×28 нм×29 нм), был приведен в состояние равновесия при температуре 300 К на протя-

жени 10 пс, используя ансамбль *NPT* (количество атомов в фрагменте структуры, давление на его стенки и температура остаются постоянными).

После выполнения этой процедуры одному атому тория (аналогу атома отдачи) была сообщена скорость, соответствующая энергии в диапазоне от 10 до 40 кэВ. Компьютерные моделирования были выполнены с использованием микроканонического ансамбля *NVE* (количество атомов в структуре, объем структуры и энергия остаются постоянными).

Результаты моделирования показывают, что количество френкелевских пар, возникающих в результате формирования каскада смещенных атомов, растет линейно с энергией атома тория (рис. 3.3). Можно отметить, что количество френкелевских пар атомов кислорода, деленных на четыре $N(O)/4$, значительно меньше величин $N(Si)$ и $N(Zr)$. Это означает, что релаксация подрешетки атомов кислорода происходит значительно быстрее, чем атомов кремния и циркония.

Для моделирования радиационного повреждения структуры циркона при перекрывании нескольких каскадов смещений было проведено МД моделирование четырех последовательных каскадов смещений. При моделировании этих каскадов начальные скорости первично выбитых атомов (ПВА) направлены в сторону центра фрагмента структуры.

Степень перекрывания каскадов можно оценить расстоянием между осями этих каскадов d . Результаты моделирования показывают, что для второго и третьего каскадов, для которых $d = 10 \text{ \AA}$, разница в количестве френкелевских пар незначительна (рис. 3.4). В случае же четвертого каскада, для которого $d = 5 \text{ \AA}$, количество френкелевских пар увеличивается в 2-2,5 раза в зависимости от типа атомов.

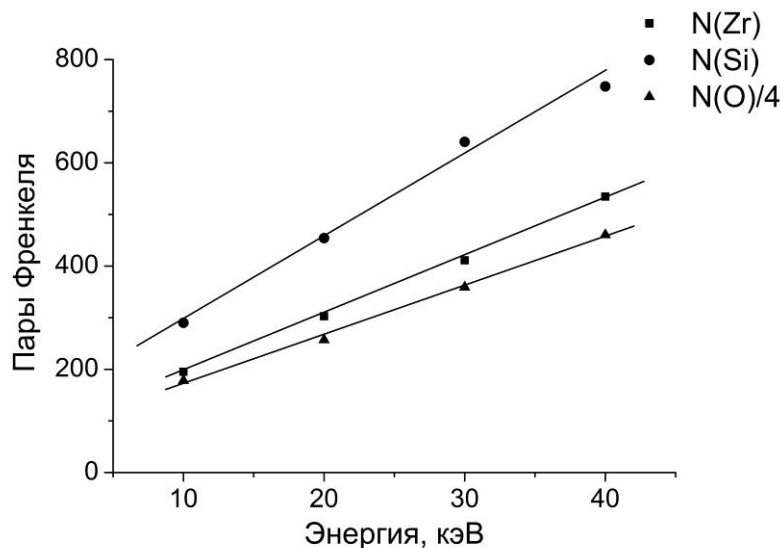


Рис. 3.3 — Зависимость количества френкелевских пар от энергии атома отдачи

На рис. 3.5 изображены размеры поврежденной области после прохождения первого, второго, третьего и четвертого каскадов смещений. Можно отметить, что после прохождения четвертого каскада смещений размеры поврежденной области значительно увеличиваются.

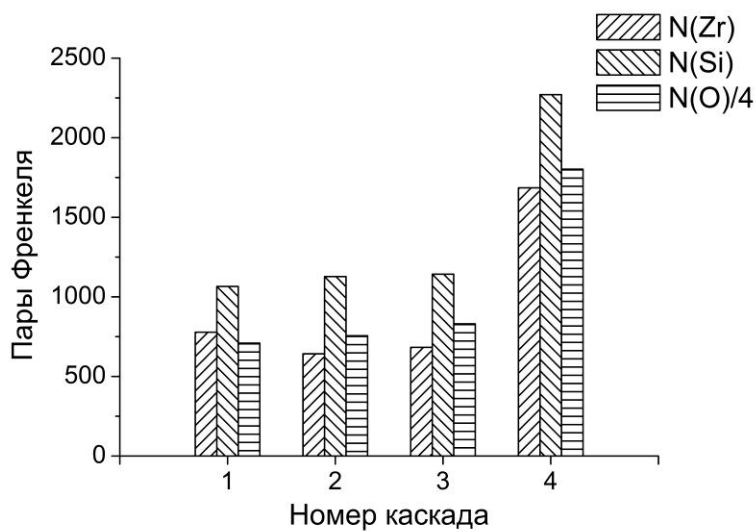


Рис. 3.4 — Зависимость количества френкелевских пар от количества перекрывающихся каскадов смещений

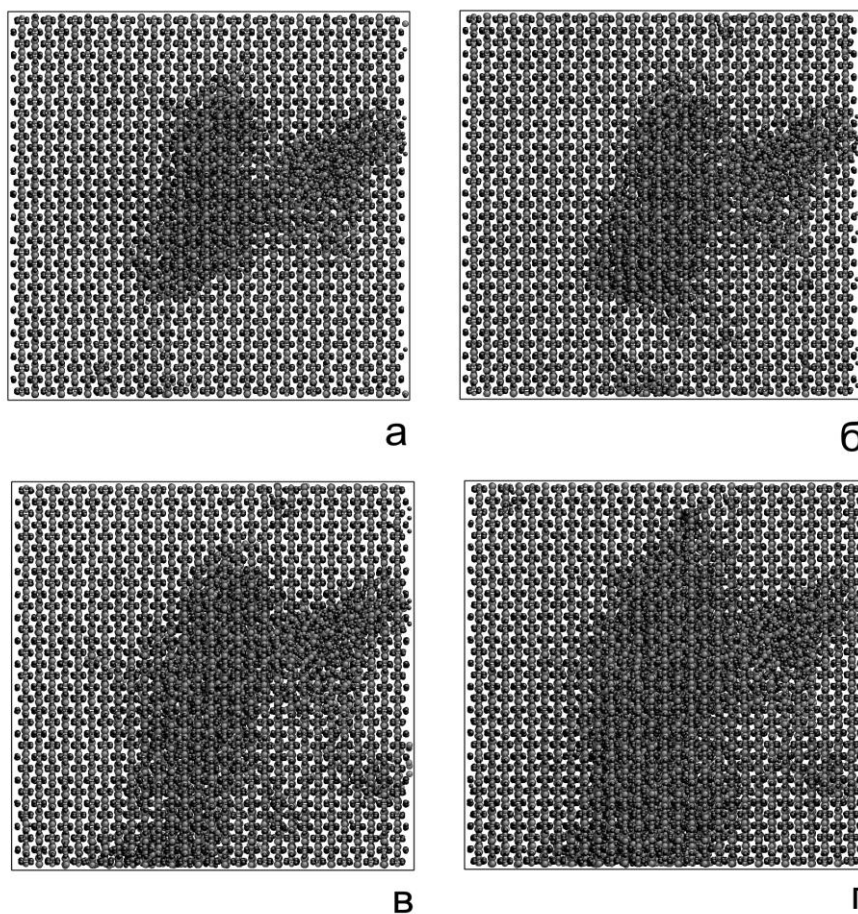


Рис. 3.5 — Формирование поврежденной области в цирконе после прохождения первого (а), второго (б), третьего (в) и четвертого (г) каскадов смещений. Рисунок находится в плоскости (101). Размеры фрагмента структуры составляют $100 \text{ \AA} \times 100 \text{ \AA}$.

Также было рассмотрено распределение пустот в структуре циркона после прохождения единичного (рис. 3.6, а) и четырех последовательных каскадов смещений (рис. 3.6, б). Полученные результаты указывают на то, что в области перекрывания каскадов смещений образуется несколько пустот с характерными размерами 1-2 нм. При увеличении количества каскадов смещений, перекрывающихся между собой (рис. 3.6, б), между ними образуются наноканалы, которые характеризуются низкой плотностью.

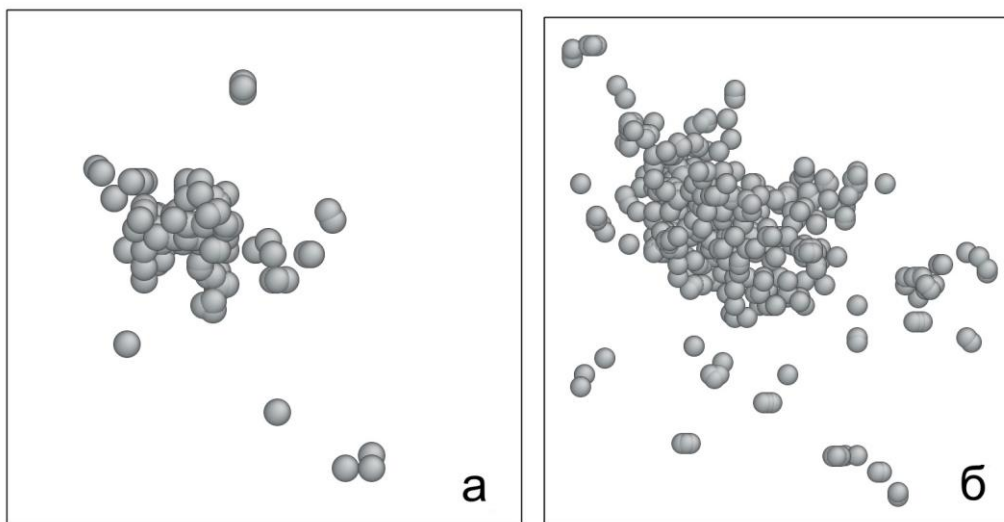


Рис. 3.6 — Распределение пустот в структуре циркона (пустоты показаны в виде шариков) после прохождения единичного (а) и четырех последовательных каскадов смещений (б). Плоскость рисунка перпендикулярна [001]

Для оценки коэффициентов самодиффузии в таких наноканалах было проведено МД моделирование наиболее поврежденного фрагмента циркона размерами 4 нм×4 нм×4 нм (5394 атомов) при температурах 1 500 К, 1 750 К, 1 900 К и 2 000 К [41]. Вычисление среднеквадратичных смещений атомов от времени $\langle \Delta r_{at}(t)^2 \rangle$ в интервале от 5 пс до 25 пс даёт возможность определить их коэффициенты самодиффузии $D_{at} = \frac{1}{6} \frac{d}{dt} \langle \Delta r_{at}(t)^2 \rangle$ [42]. Для атомов кислорода была построена зависимость натурального логарифма самодиффузии от обратной температуры (рис. 3.7).

Результаты моделирований указывают на то, что коэффициенты самодиффузии хорошо описываются уравнением Аррениуса

$$D = D_0 \exp(-E/kT), \quad (3.6)$$

с предэкспоненциальным множителем $D_0 = 7,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ и энергией активации $E = 0,71 \pm 0,05 \text{ эВ}$. Экстраполяция выражения (3.6) для температуры 300 К даёт значение

$D(300\text{ K}) = 9,9 \cdot 10^{-21} \text{ м}^2/\text{с}$. Такие коэффициенты диффузии значительно ускоряют вынос радиогенного свинца из метамиктного циркона на протяжении геологического времени.

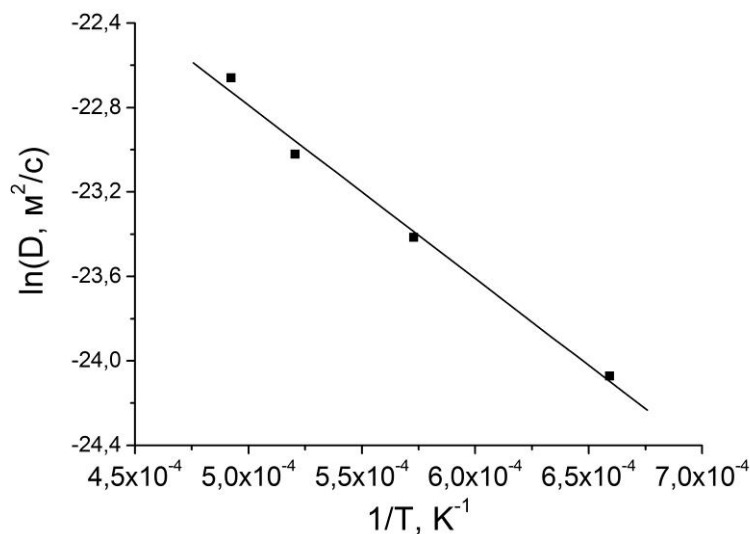


Рис. 3.7 — Зависимость натурального логарифма самодиффузии от обратной температуры

Таким образом, полученные результаты указывают на то, что в области перекрытия КСА образуются несколько пустот с характерными размерами 1-2 нм. При увеличении количества перекрывающихся КСА, между ними образуются наноканалы с пониженной плотностью. Результаты компьютерных моделирований показывают, что в этих наноканалах коэффициенты диффузии атомов при температуре 300 К могут достигать $10^{-20} \text{ м}^2/\text{с}$. Такие коэффициенты содействуют выносу радиогенного свинца из метамиктного циркона на протяжении геологического времени.

4. Компьютерное моделирование авторадационного повреждения в структуре ксенотима YPO_4

В данном разделе методами компьютерного моделирования изучена радиационная устойчивость ксенотима YPO_4 . Описаны критерии выбора параметров межатомных потенциалов для моделирования α -распада в минералах. Методом молекулярной динамики изучено формирование в ксенотиме каскада смещенных атомов после прохождения первично выбитого атома тория с энергией 20 кэВ. Рассмотрены особенности формирования и отжига изолированных дефектов в структуре ксенотима с помощью метода Мотта-Литтлтона. В рамках приближения сверхячейки изучена зависимость энергии френкелевских пар и вероятности их аннигиляции на протяжении отжига каскада смещения от расстояния между вакансией и междоузлием.

Как указывалось ранее, многие авторы рассматривают циркон как матрицу для изоляции ВАО от переработки отработанного ядерного топлива и оружейного плутония. Однако на протяжении геологического времени α -распад атомов урана и тория приводит к повре-

ждению структуры циркона и к его переходу из кристаллического состояния в рентгено-аморфное (метамиктное) состояние.

С другой стороны, в природе существует минерал ксенотим YPO_4 , ортофосфат со структурой циркона, и синтезированы его искусственные аналоги (фосфаты тяжелых редкоземельных элементов). Ксенотим, в отличие от циркона, крайне редко встречается в метамиктном состоянии, несмотря на значительное количество присутствующих в его составе тория и урана [43]. Кроме того, рядом исследований показано, что критическая температура аморфизации T_c (температура, выше которой материал не переходит в аморфное состояние при облучении потоком тяжелых частиц) составляет 512 К для ксенотима [43] и $T_c \approx 1000$ К для циркона [44].

На протяжении последних десятилетий был выполнен ряд компьютерных моделирований для структуры циркона [32, 40, 45-47]. Однако в современной литературе, как в отечественной, так и в зарубежной, нет подобных исследований для структуры ксенотима. Поэтому, для изучения механизмов формирования каскада смещений в структуре ксенотима под действием ядра отдачи были проведены МД моделирования [48].

4.1 Методика моделирования и межатомные потенциалы взаимодействия

Для воспроизведения свойств ксенотима были использованы два набора межатомных потенциалов. Параметры первого набора «Xenotime 1» были взяты из работы [49] и оптимизированы с помощью программы GULP с использованием экспериментальных значений параметров элементарной ячейки, координат атомов и постоянных упругости (табл. 4.1). Структурные параметры для ксенотима взяты из [50], постоянные упругости – из [51], а теплоемкость и энтропия – из [52].

Полученные результаты показывают, что этот набор межатомных потенциалов хорошо воспроизводит структурные параметры и упругие свойства, но очень плохо – термодинамические характеристики (табл. 4.2).

Таблица 4.1 — Параметры наборов межатомных потенциалов, использованных при моделировании ксенотима

Набор «Xenotime 1». Заряды на атомах: Y=2,3 e_0 , P=2,7 e_0 , O=-1,25 e_0 .					
Потенциал Букингема	Связь	A, eV	ρ , Å	C, eV·Å ⁶	R_{max} , Å
		Y-O	6532,426243	0,240173	0
	O-O	1033,456662	0,344104	0	8,0
Потенциал Морзе	Связь	D, eV	α , Å ⁻²	r_0 , Å	R_{max} , Å
	P-O	3,47	2,41153	1,6	8,0
Набор «Xenotime 2». Заряды на атомах: Y=1,4 e_0 , P=3,4 e_0 , O=-1,2 e_0 .					
Потенциал Букингема	Связь	A, eV	ρ , Å	C, eV·Å ⁶	R_{max} , Å
	Y-O	11716,21876	0,253502	260,217	8,0
	O-O	1388,77	0,36232	175,0	8,0
	P-O	9034,208	0,19264	19,88	8,0

Таблица 4.2 — Сравнение экспериментальных и расчетных данных для двух наборов параметров межатомных потенциалов

	Эксперимент	«Xenotime 1»	Δ , %	«Xenotime 2»	Δ , %
a , Å	6,895	6,767	-1,85	6,800	-1,37
c , Å	6,028	6,251	3,71	6,207	2,98
P-O, Å	1,5334	1,4898	-2,84	1,5021	-2,04
Y-O ₁ , Å	2,2581	2,3032	2,00	2,2972	1,73
Y-O ₂ , Å	2,5004	2,4969	-0,14	2,4961	-0,17
C_{11} , ГПа	220	243,73	10,79	292,27	32,85
C_{33} , ГПа	332	302,93	-8,76	281,15	-15,32
C_{44} , ГПа	64,6	72,82	12,73	67,21	4,05
C_{66} , ГПа	17,3	37,41	116,26	31,89	84,35
C_{12} , ГПа	55	43,52	-20,87	48,97	-10,96
C_{13} , ГПа	86	103,24	20,05	91,14	5,98
S , Дж/(К·моль)	93,86	43,76	-53,38	88,66	-5,54
C_v , Дж/(К·моль)	99,27	44,33	-55,34	92,68	-6,64

Был проведен поиск набора межатомных потенциалов, который лучше воспроизводит бы термодинамические характеристики ксенотима. Ввиду небольшого количества таких наборов для структур фосфатов был взят набор межатомных потенциалов, разработанный для алюмофосфатов [53]. Оптимизированные параметры приведены в табл. 4.2, где указаны также эффективные заряды атомов, определяющие дальнедействующее кулоновское взаимодействие.

Результаты показывают, что набор межатомных потенциалов «Xenotime 2» хорошо воспроизводит структурные параметры и термодинамику и несколько хуже – упругие свойства (табл. 4.2).

В качестве ядра отдачи для нанофрагмента ксенотима (с размерами 210×210×220 Å), который содержит около 800000 атомов, использовался первично выбитый атом тория с энергией 20 кэВ. На малых межатомных расстояниях (меньше 1 Å) использовался потенциал ZBL, который вводится для учета сильного межъядерного отталкивания [31]. На предварительном этапе моделирования фрагмент структуры ксенотима был приведен в состояние теплового равновесия в течение 10 пс при температуре 300 К с использованием ансамбля NPT (количество атомов в фрагменте структуры, давление на его стенки и температура остаются постоянными). Основной этап моделирования выполнен с использованием микроканонического ансамбля NVE (количество атомов во фрагменте структуры, объем структуры и энергия остаются постоянными). Все МД моделирования были выполнены с использованием пакета программ DL_POLY, разработанного для моделирования методом молекулярной динамики фрагментов структур макромолекул, полимеров, ионных систем и минералов [33].

4.2 Результаты моделирования в структуре ксенотима и их обсуждение

Движение первично выбитого атома приводит к его соударению с другими атомами системы. Эти атомы смещаются со своих положений равновесия, начинают движение и, в свою очередь, смещают другие атомы. Этот этап можно назвать «баллистическим» этапом.

Для возникновения устойчивой пары дефектов (на протяжении десятков пикосекунд) атому необходимо передать определенную минимальную энергию E_d , в зависимости от его массы и направления движения. Был проведен ряд МД моделирований структуры ксенотима, на протяжении которых атом кислорода смещался в определенном направлении. Энергия E_d определялась как минимальная начальная кинетическая энергия атома кислорода, достаточная для возникновения устойчивой пары дефектов (табл. 4.3). По-видимому, смещение атомов кислорода будет происходить в направлениях с наименьшими значениями E_d . Поэтому для оценки этой величины было проведено усреднение по пяти наименьшим значениям и $E_d = 42$ эВ.

Таблица 4.3 — Энергия E_d для атомов кислорода

Направление	E_d , эВ	Направление	E_d , эВ
[010]	28	[111]	111
[014]	41	[233]	116
[011]	52	[001]	122
[133]	45	[553]	143
[110]	44	[441]	131

С другой стороны, энергия, необходимая для возникновения неустойчивой пары дефектов (время жизни $\tau < 1$ пс) значительно меньше E_d . Так, время жизни пары дефектов, которая возникает при движении атома кислорода с начальной кинетической энергией 5 эВ, 10 эВ и 20 эВ в направлении [010] составляет соответственно 0,03 пс, 0,06 пс и 0,13 пс.

Для сравнения двух потенциалов («Xenotime 1» и «Xenotime 2») была построена зависимость общего количества френкелевских пар (френкелевские пары атомов кислорода, фосфора и иттрия) в структуре ксенотима от времени (рис. 4.1). Также на этом рисунке приведена зависимость количества атомов с энергией более 10 эВ и 20 эВ.

Результаты показывают, что баллистический этап достигает своего пика при $t \approx 0,08-0,1$ пс (рис. 4.1). После этого времени количество атомов с энергией более 10 эВ резко уменьшается. Поэтому атомы с энергией выше средней не смещают отдельные атомы, а рассеивают свою энергию по всему каскаду смещений. Это приводит к смещению большого количества тетраэдров PO_4 в структуре ксенотима, поскольку атомы в тетраэдрах связаны друг с другом значительно сильнее, чем с другими атомами. Подтверждением этому является тот факт, что количество смещенных атомов кислорода приблизительно в 4 раза больше количества смещенных атомов фосфора (рис. 4.2).

На этом этапе («тепловой этап») количество смещенных тетраэдров определяется термодинамическими характеристиками. Наборы межатомных потенциалов, которые характеризуются заниженными значениями энтропии и теплоемкости, также характеризуются заниженными значениями теплопроводности. В этом случае отвод тепла из каскада смещений меньше, и максимальное количество смещенных атомов – больше. Поэтому в случае потенциала «Xenotime 1» количество смещенных атомов достигает огромной величины $N_{max} = 54000$ (рис. 4.1), что приводит к завышенному количеству смещенных атомов в конце моде-

лирования. В отличие от этого, потенциал «Xenotime 2» приводит к разумному согласию между этими величинами.

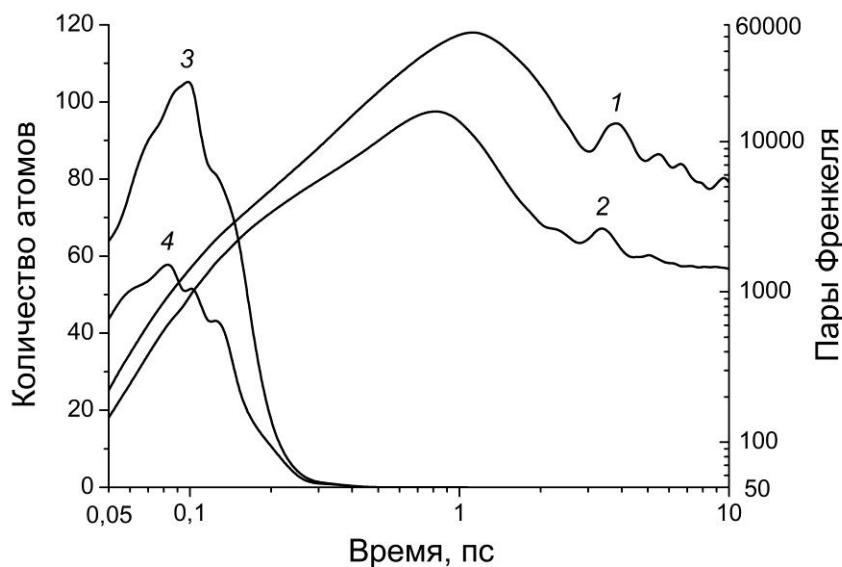


Рис. 4.1 — Общее количество френкелевских пар для первого (кривая 1) и второго (кривая 2) наборов параметров потенциалов и кол-во атомов с энергией более 10 эВ (кривая 3) и 20 эВ (кривая 4)

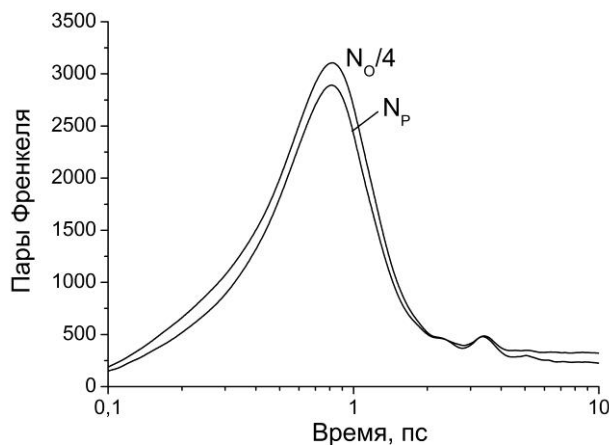


Рис. 4.2 — Количество френкелевских пар атомов P (N_P) и четверть междуузельных атомов O ($N_O/4$) для потенциала «Xenotime 2»

После формирования каскада смещений ($t = 0,82$ пс) начинается «восстановление» структуры – часть смещенных атомов возвращается в свои позиции или эквивалентные кристаллографические позиции. Вероятность «выживания» френкелевских пар (величина, обратная вероятности их рекомбинации) зависит от смещения атома – с увеличением расстоя-

ния между вакансией и смещенным атомом (d_{V-I}) вероятность отжига дефекта понижается (рис. 4.3).

Для дальнейшего изучения френкелевских пар в структуре ксенотима была рассчитана энергия их образования методом Мотта-Литтлтона [54] для изолированных дефектов и методом сверхячеек [55] – для их ассоциатов.

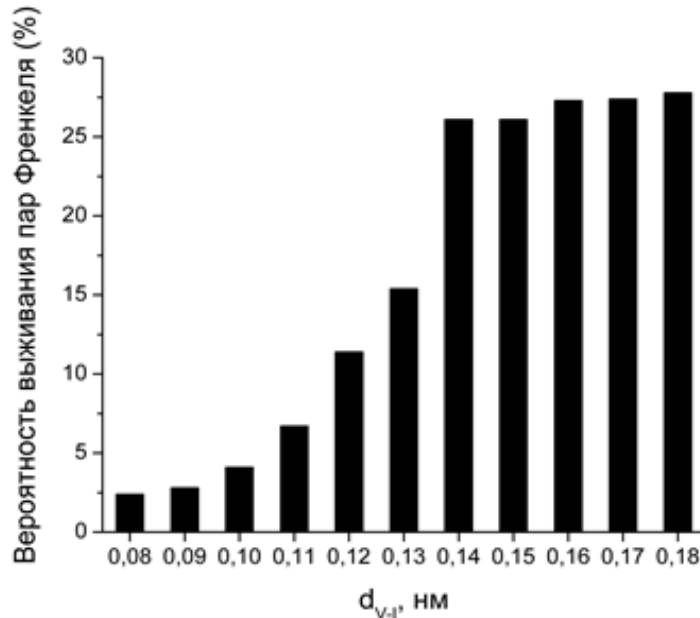


Рис. 4.3 — Зависимость относительного количества френкелевских пар атомов кислорода, остающихся в структуре в конце моделирования, от расстояния между вакансией и смещенным атомом

В рамках разработанной Моттом и Литтлтоном модели «вложенных сфер» (рис. 4.4) точечный дефект кристаллической структуры D и область дефекта I участвуют в процедуре минимизации энергии межатомного взаимодействия в пределах данной области. Никаких требований на электронейтральность области I не накладывается, что позволяет рассчитывать локально-заряженные области. Внешняя область II , где влияние смещений вокруг дефекта ничтожно, рассматривается как поляризуемый диэлектрический континуум с поляризацией [54]:

$$P = \frac{Q_D}{4\pi r^2} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right), \quad (4.1)$$

где Q_D – заряд дефекта, r – расстояние между дефектом и данной точкой, и ε – диэлектрическая проницаемость.

Промежуточная область II играет роль экранирующего слоя эффективного заряда области дефекта в том случае, если он не равен нулю. Таким образом, сама кристаллическая матрица остается электронейтральной.

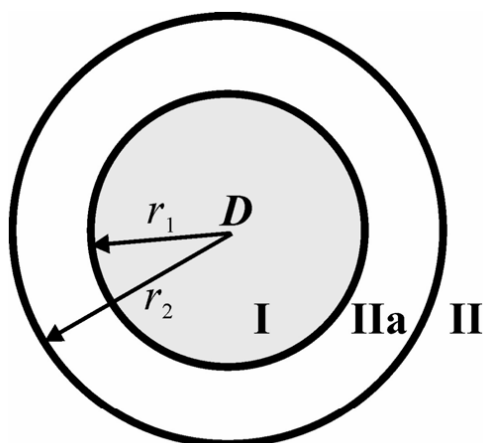


Рис. 4.4 — Модель Мотта-Литтлтона для расчета энергии точечных дефектов в кристалле

Энергия, связанная с поляризацией, в случае кубического кристалла составляет [54]:

$$E_{II} = -\frac{Q_D^2 V_m}{8\pi\epsilon_0} \sum_{ki} \frac{M_k}{r_{ki}^4}, \quad (4.2)$$

где V_m – молярный объем, r_{ki} – расстояние от дефекта до i -го атома, который относится к k -ой подрешетке, ϵ_0 – электрическая постоянная, M_k – параметр Мотта-Литтлтона для k -ой подрешетки:

$$M_k = \frac{\alpha_k}{\sum_j \alpha_j} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right), \quad (4.3)$$

где α_k – поляризуемость k -ой подрешетки.

Из соотношений (4.2) и (4.3) видно, что вклад области II увеличивается при уменьшении диэлектрической проницаемости среды и увеличении заряда дефекта.

Отметим, что исходные формулы (4.1)-(4.3) относятся к кубическим матрицам. Однако, в более поздней работе [56] в модель были внесены поправки на некубическую структуру кристаллического континуума. Эти поправки учтены в последней версии пакета GULP [57].

Недавно появились экспериментальные данные по измерениям констант диэлектрической проницаемости для ксенотима YPO_4 ($\epsilon = 8,0$) [58]. Соответствующие значения для набора межатомных потенциалов «Xenotime 2» составляют $\epsilon_{\parallel} = 3,03$, $\epsilon_{\perp} = 2,6$. Видно, что расхождение теории и эксперимента достаточно велико, что не позволяет рассчитывать на большую точность в вычислениях вклада области II в энергетику дефектов.

В методе сверхъячейки атом смещается из своего положения в междоузлие таким образом, чтобы расстояние между вакансией и междоузлием составляло приблизительно половину диагонали ячейки. С использованием данного метода можно проследить, как меняется энергия френкелевских пар в зависимости от расстояния между вакансией и междоузлием.

Методом Мотта-Литтлтона (МЛ) були рассчитаны энергии френкелевских пар $E_{ФП}=E_V+E_I$, где E_V и E_I – энергии образования соответственно вакансии и междоузлия. В данном случае расстояние между катионной вакансией V и интерстицией I $d_{V-I} = \infty$, что приводит к завышенному значению энергии френкелевских пар. Были проведены вычисления $E_{ФП}$ в сверхячейках $2 \times 2 \times 2$, $3 \times 3 \times 3$, $5 \times 5 \times 5$, $7 \times 7 \times 7$ и $9 \times 9 \times 9$ (табл. 4.4). Один из атомов сверхячейки смещался в междоузлие так, чтобы величина d_{V-I} была приблизительно равна половине диагонали сверхячейки. Все вычисления были выполнены с использованием программного комплекса GULP [57].

Таблица 4.4 — Энергия френкелевских пар, рассчитанная по методу Мотта-Литтлтона и методу сверхячейки

Атомы	Энергия френкелевских пар, эВ						$E_{ФП,\infty}$
	Метод МЛ	Сверхячейка					
		2x2x2	3x3x3	5x5x5	7x7x7	9x9x9	
Y	10,28	8,34	9,03	9,39	9,52	9,61	9,53
P	42,27	22,21	36,77	39,42	40,41	40,90	40,25
O	11,61	9,68	10,17	10,54	10,63	10,72	10,79

Результаты расчетов энергий френкелевских пар (ФП) для атомов Y, P и O представлены на рис. 4.5 и рис. 4.6.

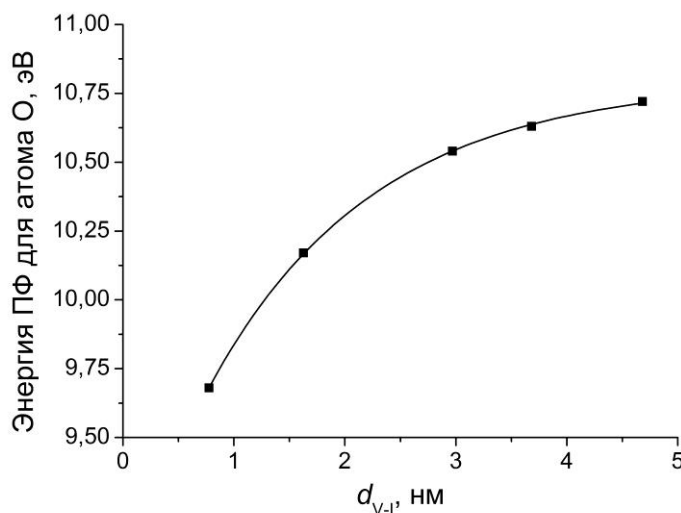


Рис. 4.5 — Зависимость энергии образования пар Френкеля для атомов кислорода от расстояния между вакансией и междоузлем

Зависимость энергии ФП для атомов кислорода от расстояния d_{V-I} хорошо описывается экспоненциальной зависимостью (рис. 4.5):

$$E_{ФП}(d_{V-I}) = E_{ФП,\infty} - A_0 \cdot \exp(-d_{V-I} / d_0), \tag{4.4}$$

где $E_{\Phi\Pi,\infty}$ – энергия ФП для $d_{V-I} = \infty$, A_0 и d_0 – параметры.

Зависимость энергии ФП для атомов иттрия и фосфора от расстояния d_{V-I} удается описать не экспоненциальной, а сигмоидальной зависимостью (рис. 4.6):

$$E_{\Phi\Pi}(d_{V-I}) = E_{\Phi\Pi,\infty} + (A_0 - E_{\Phi\Pi,\infty}) / (1 + \exp((d_{V-I} - r_0) / d_0)), \quad (4.5)$$

где $E_{\Phi\Pi,\infty}$ – энергия ФП для $d_{V-I} = \infty$, A_0 , r_0 и d_0 – параметры.

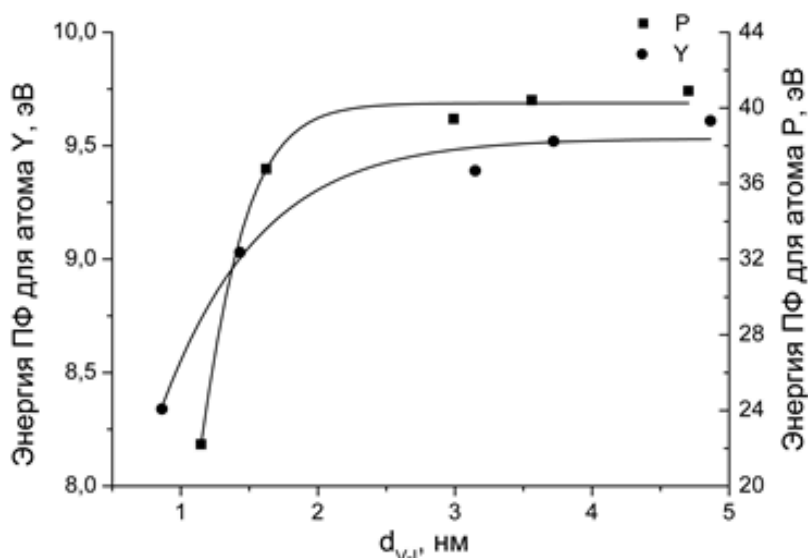


Рис. 4.6 — Зависимость энергии образования пар Френкеля для атомов иттрия (Y) и фосфора (P) от расстояния между вакансией и междоузлием

Полученные значения $E_{\Phi\Pi,\infty}$ для атомов кислорода, фосфора и иттрия приведены в табл. 4.4. Стоит отметить, что данные зависимости могут быть использованы в определенном интервале расстояний $d > 10 \text{ \AA}$. Это, по-видимому, связано со значительным взаимодействием между вакансией и междоузлием на меньших расстояниях, а также с взаимодействием между междоузлием и атомами, окружающими вакансию. С другой стороны, на больших расстояниях 40-50 \AA энергия ФП выходит на плато и стремится к значению $E_{\Phi\Pi,\infty}$. Значение $E_{\Phi\Pi,\infty}$ несколько отличается от значений энергии ФП, полученной с использованием метода МЛ. Причиной такого расхождения может быть систематическая ошибка в этом методе, связанная с указанной выше расходимостью между теоретическими и экспериментальными значениями диэлектрической проницаемости.

Таким образом, в данном разделе радиационная устойчивость ксенотима была исследована с помощью компьютерного моделирования методом молекулярной динамики (методом МД моделирования). Для воспроизведения свойств ксенотима были использованы два набора межатомных потенциалов. Показано, что заниженные значения теплоемкости и энтропии приводят к значительному накоплению дефектов в каскаде смещения и к неверным результатам МД моделирования. Вычислена кинетика накопления и аннигиляции френкелевских

пар в каскаде смещений после прохождения в структуре ксенотима выбитого атома тория с энергией 20 кэВ. На первоначальном этапе формирования каскада смещений (баллистический этап, $t = 0-0,1$ пс) движение выбитого атома приводит к его соударению с другими атомами системы. Эти атомы смещаются со своих положений равновесия, начинают движение и, в свою очередь, смещают другие атомы. После времени $t = 0,1$ пс атомы с энергией выше средней не смещают отдельные атомы, а рассеивают свою энергию по всему каскаду смещений. Это приводит к смещению большого количества тетраэдров PO_4 в структуре ксенотима, поскольку атомы в тетраэдрах связаны друг с другом значительно сильнее, чем с другими атомами. После формирования каскада смещений ($t = 0,82$ пс) начинается «восстановление» структуры – часть смещенных атомов возвращается в свои позиции или эквивалентные кристаллографические позиции. Вероятность выживания френкелевских пар увеличивается с расстоянием между вакансией и смещенным атомом d_{V-I} . Были проведены вычисления энергии френкелевских пар $E_{\text{ФП}}$ в зависимости от расстояния d_{V-I} . Показано, что начиная с расстояния $d_{V-I} = 40-50 \text{ \AA}$ энергия $E_{\text{ФП}}$ выходит на плато и стремится к значению $E_{\text{ФП},\infty}$. Значение $E_{\text{ФП},\infty}$ несколько отличается от $E_{\text{ФП}}$, полученной с использованием метода Мотта-Литтлтона. Причиной такого расхождения может быть систематическая ошибка в этом методе, связанная с расхождением между теоретическими и экспериментальными значениями диэлектрической проницаемости ксенотима.

5. Заключение

Описана методика моделирования методом молекулярной динамики, потенциалы межатомного взаимодействия и особенности моделирования с применением программного комплекса DL_POLY. На основании приведенной выше информации можно сделать вывод, что метод молекулярной динамики позволяет получать информацию о поведении системы на атомном уровне (наноуровне) и во временном интервале, составляющем десятки пикосекунд. Поэтому при изучении α -распада этот метод может дать важную информацию, которая касается формирования каскадов смещенных атомов и процессов релаксации в поврежденной структуре.

Механизмы радиационного разрушения циркона были исследованы с помощью компьютерного моделирования методом молекулярной динамики (методом МД моделирования). Рассмотрено формирование каскада смещенных атомов (КСА) в цирконе для четырех наборов параметров межатомных потенциалов. Движение первично выбитого атома (атома тория с энергией 20 кэВ) приводит к его соударению с другими атомами системы. Эти атомы смещаются со своих положений равновесия, начинают движение и, в свою очередь, смещают другие атомы. Этот процесс приводит к формированию КСА. Рассчитано количество френкелевских пар (ФП), которые возникают в цирконе в результате движения первично выбитого атома тория. Результаты показывают, что в начале движения атома тория формируется КСА, количество ФП в котором достигает значений от 5 300 до 61 900 в зависимости от выбора потенциала. Количество ФП в конце моделирования составляет от 480 до 4 970.

Проанализировано распределение междоузельных атомов кислорода в цирконе. Показано, что в интервале времени $t = 0-0,1$ пс (баллистический этап) преобладают междоузельные атомы кислорода, выбитые из начального положения равновесия. После времени $t = 0,1$ пс (начало теплового этапа) количество атомов с энергией более 10 эВ резко уменьшается. Поэтому атомы с энергией выше средней не смещают отдельные атомы, а рассеивают свою энергию по всему КСА. Это приводит к смещению большого количества тетраэдров SiO_4 в цирконе и формированию большого количества междоузельных атомов кислорода, поскольку атомы в тетраэдрах связаны друг с другом значительно сильнее, чем с другими атомами, и разрыва связи Si-O не происходит. Среднее значение смещения таких дефектов составляет 1 Å, вероятность выживания таких дефектов незначительна и составляет 1,5-3,0 % в зависимости от выбора потенциала. Наименьшую смещаемость атомов и наименьшее количество ФП обеспечивает применение потенциала «Zircon3», который включает часть параметров, выведенных из квантово-химических вычислений взаимодействий Si-O в тетраэдрах SiO_4 .

Также с помощью метода МД моделирования была исследована радиационная устойчивость ксенотима. Для воспроизведения свойств ксенотима были использованы два набора межатомных потенциалов. Показано, что заниженные значения теплоемкости и энтропии приводят к значительному накоплению дефектов в каскаде смещения и к неверным результатам МД моделирования.

Вычислена кинетика накопления и аннигиляции френкелевских пар в каскаде смещений после прохождения в структуре ксенотима первично-выбитого атома тория с энергией 20 кэВ. После формирования каскада смещений ($t = 0,82$ пс) начинается «восстановление» структуры – часть смещенных атомов возвращается в свои позиции или эквивалентные кристаллографические позиции. Вероятность выживания френкелевских пар увеличивается с расстоянием между вакансией и смещенным атомом d_{V-I} .

Результаты описанных выше исследований могут быть использованы для решения как фундаментальных, так и прикладных задач радиационной минералогии, радиационного материаловедения и экологических проблем, связанных с безопасным обращением с РАО. Среди перечисленных проблем наиболее актуальными являются задачи, связанные с выяснением факторов, которые обуславливают радиационную устойчивость минералов и горных пород, а также задачи, связанные с безопасной изоляцией ВАО, содержащих долгосуществующие радионуклиды.

Результаты, полученные с помощью компьютерного моделирования, создают научную базу радиационной минералогии, позволяют оценивать и прогнозировать влияние радиационных факторов на человека и, в конечном счете, способствуют минимизации негативных последствий антропогенного радиационного вмешательства в окружающую среду.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственной целевой научно-технической программы внедрения и применения грид-технологий на 2009–2013 годы (проект № 38/13 «Применение грид-технологий для исследования радиационно-стимулированных процессов, фазовых переходов и изоморфных замещений в минералах в связи с решением прикладных задач»).

Список использованной литературы

1. Радчук В.В. Структура та властивості радіаційно-активованих центрів в кварці та емалі зубів у зв'язку з ретроспективною дозиметрією людини та довкілля: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора геологічних наук : спец. 04.00.20 "Мінералогія, кристалографія" / В.В.Радчук — Львів, 2011. — 43 с.
2. Радчук В.В. Исследования свойств радиационных дефектов в наночастицах эмали зубов и кварца в связи с реконструкцией доз облучения / Сборник трудов III Международной научной конференции «Современные достижения в науке и образовании». – Тель-Авив (Израиль): ХНУ, 2009. – С. 104 – 107.
3. Брик А.Б., Радчук В.В. Инструментальная ретроспективная дозиметрия // Природа, - 1994. № 12, С.3 – 17.
4. Радчук В.В. Властивості радіаційних центрів в кварці, що найбільш суттєво впливають методики ретроспективної дозиметрії /В.В.Радчук, А.Б.Брик // Екологічна безпека та природокористування : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України , Київ. Нац. ун-т будинництва і архітект., Інститут телеком. і глобального інформ. простору НАН України, 2011, вип.8, с. 2-12.
5. Радчук В.В. Аномальный радиационный отклик алюминиевых центров в кварце и ретроспективная ЭПР дозиметрия // Доповіді НАН України. — 2009. — № 3. — С. 99—104.
6. Радчук В.В. Ретроспективная дозиметрия, основанная на электронном парамагнитном резонансе эмали зубов и кварца / В. В. Радчук // Збірник наукових праць / Ін-т геохімії навколиш. середовища НАН та МНС України. — К., 2007. — Вып. 14. — С. 115—118.
7. Брик А.Б., Дегода В.Я., Маразуев Ю.А., Радчук В.В. Реконструкция доз радиоактивного облучения кристаллов кварца из Чернобыльской зоны // Журнал прикладной спектроскопии. — 1996. — Т. 63, № 1. — С. 158—160.
8. Гречановский А.Е., Брик А.Б., Радчук В.В., Шабалин Б.Г. Авторадиационные повреждения в цирконе по данным компьютерного моделирования и проблемы изоляции радиоактивных отходов / Материалшы международного минерпалогического семинара «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии, Сыктывкар, Геопринт, 2013, с. 339 – 341.
9. Гречанівський О.Є. Радіаційна стійкість природних та штучних мінеральних матриць для довготривалої та екологічно-безпечної утилізації високоактивних радіоактивних відходів. – Київ: Логос, 2012. – 128 с.
10. Ewing R.C. Nuclear waste forms for actinides / R.C. Ewing // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1999. – Vol. 96. – P. 3432–3439.
11. Ewing R.C. Phosphates as nuclear waste forms / R.C. Ewing, L.M. Wang // Review in mineralogy and geochemistry. – 2002. – Vol. 48. – P. 673–699.
12. Lumpkin G. Ceramics waste forms for actinides / G. Lumpkin // Elements. – 2006. – Vol. 2. – N 6. – P. 365–372.

13. Лаверов Н.П. Минералогия и геохимия консервирующих матриц высокоактивных отходов / Н.П. Лаверов, Б.И. Омеляненко, С.В. Юдинцев [и др.] // Геология руд месторождений. – 1997. – Т. 39. – № 3. – С. 211–228.
14. Шабалін Б.Г. Консервуючі монацитоподібні матеріали для іммобілізації радіоактивних відходів та їх трансформація в природних умовах / Б.Г. Шабалін // Мінерал. журнал. – 2006. – Т. 28. – № 1. – С. 39–46.
15. Шабалін Б.Г. Синтез керамічних матриць на основі штучних сполук зі структурами цирконоліту, пірохлору і гранату / Б.Г. Шабалін, Ю.О. Тітов // Мінер. журнал. – 2009. – Т. 31. – № 4. – С. 49–59.
16. Weber W.J. Radiation effects in crystalline ceramics for the immobilization of high-level nuclear waste and plutonium / W.J. Weber, R.C. Ewing, C.R.A. Catlow, T. Diaz de la Rubia, L.W. Hobbs, C. Kinoshita, H. Matzke, A.T. Motta, M. Nastasi, E.K.H. Salje, E.R. Vance, S.J. Zinkle // J. Mater. Res. – 1998. – Vol. 13, N 6. – P. 1434–1484
17. Hobbs L.W. Radiolysis and defect structure in electron-irradiated α -quartz / L.W. Hobbs, M.R. Pascucci // J. Physique – 1980. – Vol. 41. – P. 237–241
18. Weber W.J. Ingrowth of lattice defects in alpha irradiated UO_2 single crystals / W.J. Weber // J. Nucl. Mater. – 1981. – Vol. 98. – P. 206–215
19. Weber W.J. Radiation damage in rare-earth silicate with the apatite structure / W.J. Weber // J. Am. Ceram. Soc. – 1982. – Vol. 65. – P. 544–548
20. Weber W.J. Effects of alpha irradiation on barium hollandite and nickel-iron spinel / W.J. Weber // In: Scientific Basis for Nuclear Waste Management VIII (Eds. C.M. Jantzen, J.A. Stone, R.C. Ewing) – Pittsburgh: Materials Research Society, 1985. – P. 671–678
21. Ewing R.C. Zircon: Radiation effects in nuclear waste forms for high-level radioactive waste / R.C. Ewing, W.J. Weber, F.W. Clinard // Progr. Nucl. Energy – 1995. – Vol. 29, N 2. – P. 63–127.
22. Weber W.J. A review of radiation effects in solid nuclear waste forms / W.J. Weber, F.P. Roberts // Nucl. Technol. – 1983. – Vol. 60. – P. 178–198
23. Weber W.J. The effect of radiation on nuclear waste forms / W.J. Weber // J. Miner. Met. Mater. Soc. – 1991a. – Vol. 43, N 7. – P. 35–39
24. Lumpkin G.R. Alpha-decay damage and aqueous durability of actinide host phases in natural systems / G.R. Lumpkin // J. Nucl. Mater. – 2001. – Vol. 289. – N 1. – P. 136–166.
25. Pabst A. The metamict state / A. Pabst // J. Appl. Phys. – 1952. – Vol. 37. – P. 137–157
26. Ewing R.C. The crystal chemistry of complex niobium and tantalum oxides – IV. The metamict state / R.C. Ewing // Am. Mineral. – 1975. – Vol. 60. – P. 728–733
27. Ewing R.C. The metamict state / R.C. Ewing, B.C. Chakoumakos, G.R. Lumpkin, T. Murakami // Mater. Res. Soc. Bull. – 1987. – Vol. 12. – P. 58–66
28. Ewing R.C. The metamict state: implications for radiation damage in crystalline waste forms / R.C. Ewing, R.F. Haaker // Nucl. Chem. Waste Mgmt – 1980. – Vol. 1. – P. 51–57
29. Ewing R.C. Metamict minerals: natural analogues for radiation damage effects in ceramic nuclear waste forms / R.C. Ewing, B.C. Chakoumakos, G.R. Lumpkin, T. Murakami, R.B.

- Greegor, F.W. Lytle // Nucl. Instruments Meth. Phys. Res B – 1988. – Vol. 32. – P. 487–497
30. Allen M.P. Computer Simulation of Liquids / M.P. Allen, D.J. Tildesley. – Oxford: Clarendon Press, 1989. – 385 p.
 31. Trachenko K. How the nature of the chemical bond governs resistance to amorphization by radiation damage / K. Trachenko, J.M. Pruneda, E. Artacho, M.T. Dove // Phys. Rev. B – 2005. – Vol. 71, N 18. – P. 184104
 32. Devanathan R. Molecular dynamics simulation of defect production in collision cascades in zircon / R. Devanathan, L.R. Corrales, W.J. Weber, A. Chartier, C. Meis // Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B – 2005. – Vol. 228. – P. 299–303
 33. Todorov I.T. DL_POLY_3: the CCP5 national UK code for molecular-dynamics simulations / I.T. Todorov, W. Smith // Phil. Trans. Royal Soc. A – 2004. – Vol. 362. – P. 1835–1852
 34. Swanson M.L. Radiation Tolerance of Complex Oxides / M.L. Swanson, J.R. Parsons, C.W. Hoelke // Rad. Eff. – 1971. – Vol. 9. – P. 249
 35. Gibbons J.F. Ion implantation in semiconductors – Part II: Damage production and annealing / J.F. Gibbons // Proc. IEEE – 1972. – Vol. 60, Iss. 9. – P. 1062
 36. Carter G. The Accumulation of Amorphousness as a Function of Irradiation Fluence in a Composite Model of Disorder Production / G. Carter, R.P. Webb // Radiation Effects Letters – 1979. – Vol. 43. – P. 19
 37. Webb R.P. Difficulties in deducing disordering mechanisms from experimental studies of disorder ion fluence functions in ion irradiation of semiconductors / R.P. Webb, G. Carter // Rad. Eff. – 1979. – Vol. 42. – P. 159
 38. Webb R.P. The Effects of Annealing Upon the Accumulation of Amorphousness in a Composite Model of Disorder Production / R.P. Webb, G. Carter // Rad. Eff. – 1981. – Vol. 59. – P. 69
 39. Weber W.J. Radiation-induced defects and amorphization in zircon / W.J. Weber // *J. Mater. Res.* – 1990. – Vol. 5, N 11. – P. 2687–2697
 40. Trachenko K.O. Radiation damage effects and percolation theory / K.O. Trachenko, M.T. Dove, T. Geisler, I. Todorov, B. Smith // *J. Phys.: Condens. Matter* – 2004. – Vol. 16, N 27. – P. 2623–2627
 41. Гречановский А.Е. Компьютерное моделирование каскадов смещенных атомов в структуре циркона / А.Е. Гречановский // *Геохимия и рудообразование* – 2009. – Т. 27. – С. 71–73
 42. Devanathan R. Molecular dynamics simulation of disordered zircon / R. Devanathan, L.R. Corrales, W.J. Weber, A. Chartier, C. Meis // Phys. Rev. B – 2004. – Vol. 69, N 6. – P. 064115
 43. Meldrum A. Displacive radiation effects in the monazite- and zircon-structure orthophosphates / A. Meldrum, L.A. Boatner, R.C. Ewing // Phys. Rev. B – 1997. – Vol. 56, N 21. – P. 13805–13814
 44. Meldrum A. Heavy-ion irradiation effects in the ABO₄ orthosilicates: Decomposition, amorphization, and recrystallization / A. Meldrum, S.J. Zinkle, L.A. Boatner, R.C. Ewing // Phys. Rev. B – 1999. – Vol. 59, N 6. – P. 3981–3992

45. Trachenko K.O. Atomistic modelling of radiation damage in zircon / K.O. Trachenko, M.T. Dove, E.K.H. Salje // *J. Phys.: Condens. Matter* – 2001. – Vol. 13. – P. 1947–1959
46. Crocombette J.-P. Molecular dynamics modeling of irradiation damage in pure and uranium-doped zircon / J.-P. Crocombette, D. Ghaleb // *J. Nucl. Mater.* – 2001. – Vol. 295. – P. 167–178
47. Grechanovsky A.E. Influence of structure, character of chemical bonding and elastic properties on the radiation stability of silicates, phosphates and metal oxides deduced by computer simulations / A.E. Grechanovsky, A.B. Brik, O.M. Ponomarenko // *Mineralogical Journal (Ukraine)* – 2009. – Vol. 31, N 4. – P. 30–37
48. Urusov V.S. Radiation Resistance of the Xenotime YPO_4 from the Computer Simulation Data / V.S. Urusov, A.E. Grechanovsky, N.N. Eremin // *Glass Physics and Chemistry* – 2012. – Vol. 38, N 1. – P. 55–62
49. Rabone J.A.L. Interatomic potential models for natural apatite crystals: incorporating strontium and the lanthanides / J.A.L. Rabone, N.H. de Leeuw // *J. Comp. Chem.* – 2006. – Vol. 27, N 2. – P. 253–266
50. Ni Y. Crystal chemistry of the monazite and xenotime structures / Y. Ni, J.M. Hughes, A.N. Mariano // *Am. Mineral.* – 1995. – Vol. 80, N 1/2. – P. 21–26
51. Mogilevsky P. Composition, lattice parameters, and room temperature elastic constants of natural single crystal xenotime from Novo Horizonte / P. Mogilevsky, E.B. Zaretsky, T.A. Parthasarathy, F. Meisenkothen // *Phys. Chem. Miner.* – 2006. – Vol. 33, N 10. – P. 691–698
52. Гавричев К.С. Теплоемкость и термодинамические функции ксенотима $\text{YPO}_4(\kappa)$ в области 0-1600 К / К.С. Гавричев, М.А. Рюмин, А.В. Тюрин, В.М. Гуревич, Л.Н. Комиссарова // *Геохимия* – 2010. – Т. 48, № 9. – С. 988–995
53. Kramer G.J. Interatomic force fields for silicas, aluminophosphates, and zeolites: Derivation based on ab initio calculations / G.J. Kramer, N.P. Farragher, B.W.H. van Beest, R.A. van Santen // *Phys. Rev. B* – 1991. – Vol. 43, N 6. – P. 5068–5080.
54. Mott N.F. Conduction in polar crystals. I. Electrolytic conduction in solid salts / N.F. Mott, M.J. Littleton // *Trans. Faraday Soc.* – 1938. – Vol. 34. – P. 485–495
55. Еремин Н.Н. Выбор сверхячейки с оптимальной атомной конфигурацией при моделировании неупорядоченных твердых растворов / Н.Н. Еремин, Р.З. Деянов, В.С. Урусов // *Физика и химия стекла* – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 9–18.
56. Catlow C.R.A. Defect energetics in $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ and rutile TiO_2 / C.R.A. Catlow, R. James, W.C. Mackrodt, R.F. Stewart // *Phys. Rev. B* – 1982. – Vol. 25, N 2. – P. 1006–1026
57. Gale J.D. The General Utility Lattice Program (GULP) / J.D. Gale, A.L. Rohl // *Mol. Simul.* – 2003. – Vol. 29, N 5. – P. 291–341
58. Cho I.-S. Sintering, microstructure and microwave dielectric properties of rare earth orthophosphates, RePO_4 (Re = La, Ce, Nd, Sm, Tb, Dy, Y, Yb) / I.-S. Cho, G.K. Choi, J.-S. An, J.-R. Kim, K.S. Hong // *Mater. Res. Bull.* – 2009. – Vol. 44. – P. 173–178

Стаття надійшла до редакції 28.03.13 російською мовою

© В.В. Радчук, А.Е. Гречанівський, О.Б. Брик, Б.Г. Шабалін
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАДІАЦІЙНО-СТИМУЛЬОВАНИХ ПРОЦЕСІВ
У МІНЕРАЛАХ У ЗВ'ЯЗКУ З ВИРІШЕННЯМ МІНЕРАЛОГІЧНИХ,
МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ (ЧАСТИНА ПЕРША)

Радіаційна стійкість циркону $ZrSiO_4$ та ксенотиму YPO_4 досліджена за допомогою методів комп'ютерного моделювання для чотирьох різних напівемпіричних потенціалів. Методом молекулярної динаміки досліджено формування в цирконі пошкодженої області після проходження атому торію з з енергією 20 кеВ. Проаналізовано розподіл міжвузельних атомів кисню в кристалічній ґратці циркону. Встановлено, що найкращу узгодженість з експериментом забезпечує потенціал, параметри якого виведені з перших принципів. Також методом молекулярної динаміки вивчена радіаційна стійкість ксенотиму. Описані критерії вибору параметрів міжатомних потенціалів для моделювання альфа-розпаду в мінералах. Розглянуті особливості формування і відпалу ізольованих дефектів в структурі ксенотиму за допомогою методу Мотта-Літлттона. У рамках наближення надкомірки вивчена залежність енергії френкелівських пар та вірогідності їх анігіляції упродовж відпалу каскаду зміщення від відстані між вакансією та міжвузлям.

© V. V. Radchuk, A.E. Grecanovsky, A.B. Brik, B.G. Shabalin
COMPUTER MODELING OF RADIATION-STIMULATED PROCESSES AND SOLVING
OF MINERALOGICAL, MATERIAL SCIENCE AND ECOLOGICAL PROBLEMS
(FIRST PART)

The radiation resistance of zircon $ZrSiO_4$ and xenotime YPO_4 was comparatively tested with computer simulations of four different sets of parameters of interatomic potentials. The formation of an atomic displacement cascade after the passage of the initially knocked-out Th atom with energy of 20 keV was investigated using the molecular dynamics method. The distribution of internodal oxygen atoms in zircon has been studied. It has been established that the most reasonable consistency with an experiment provides the potential deduced from first principles. Also using the method of molecular dynamics the radiation resistance of the mineral xenotime has been investigated. The optimal criteria for the appropriate choice of the parameters of the interatomic potentials used for the simulation of α -decay in minerals have been proposed. The specific features of the formation and annealing of individual defects in the structure of xenotime have been considered using the Mott—Littleton method. The dependences of the energy of formation of Frenkel pairs and the probability of their annihilation during the annealing of a cascade of atomic displacements on the distance between the vacancy and the interstitial site have been analyzed within the framework of the supercell approximation.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Структура статті

Структура статті повинна відповідати вимогам ВАК України. Стаття починається зі вступу, написаного у формі, доступній для розуміння широкому колу спеціалістів даної галузі науки. У вступі наводяться: аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких розпочато вирішення даної проблеми і на які спирається автор; зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями; відокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття.

Далі розміщується розділ, присвячений формулюванню мети статті і постановці досліджень. В основному тексті статті викладаються і ґрунтовно роз'яснюються отримані твердження і результати. Не слід перевантажувати статтю надмірною кількістю формул, дублюванням одних й тих самих результатів у формулах, таблицях та графіках.

Заключна частина має містити висновки, рекомендації щодо їх практичного застосування і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Обсяг статті:

- оглядово-узагальнювального характеру - до 9 сторінок формату А4;
- проблемного характеру - до 7 сторінок формату А4;
- про розв'язання конкретної наукової задачі - до 5 сторінок формату А4;

Рукописи статей, що перевищують зазначені обсяги, до розгляду не приймаються.

Стаття має супроводжуватись короткою анотацією українською, російською та англійською мовами, яка має містити постановку задачі у стислій і точно сформульованій формі та основні результати. Також слід надати ім'я автора та назву статті українською, російською та англійською мовами. Далі вказується перелік (до 10) ключових слів (або словосполучень) статті мовою тексту публікації.

До редакції необхідно подати:

- два якісно роздрукованих варіанти оформленої статті з підписами авторів;
- файл варіанту статті (CD-RW або DVD-RW) з анотацією трьома мовами (кілька абзаців);
- супровідні документи:
 - довідка про авторів (прізвище, ім'я, по батькові (повністю), науковий ступінь, вчене звання, посада та повна назва установи, де виконувалися дослідження, номери телефонів та e-mail для зв'язку);
 - внутрішня рецензія на статтю організації, від якої подається дана стаття;
 - експертний висновок (два примірники) про можливість опублікування матеріалів (при необхідності).

Рукопис має бути ретельно перевірено і підписано всіма авторами. Подальші виправлення та доповнення не допускаються.

Вимоги щодо оформлення рукопису статті

Стаття повинна бути підготовлена українською, російською або англійською мовами і надрукована на одній стороні аркушів формату А4 з інтервалом 17 пт і берегами 2,0 см з кожного боку.

Підготовка статті здійснюється в текстовому редакторі MS WORD *for* WINDOWS, з використанням шрифту Times New Roman, Суг, кегль 12, інтервал 17 пт.

У верхньому лівому кутку статті потрібно вказати індекс УДК або відповідний індекс міжнародного кодування (великими літерами, вирівняти по лівому краю, кегль 12).

У статтях бажано використовувати одиниці системи СІ.

Усі формули мають бути набрані в редакторі Microsoft Equation.

Ілюстрації обов'язково нумеруються і на них повинні бути посилання в тексті. Крім того, кожен малюнок не може перевищувати розміру журнальної сторінки, уся графіка повинна бути комп'ютерною. Перелік літературних джерел оформлюється згідно з ГОСТ 7.1-84 і подається загальним списком у кінці статті. Список складається за чергою посилань у тексті (а не за абеткою). Посилання на літературні джерела в тексті даються в квадратних дужках.

Наприкінці статті наводиться коротка довідка про авторів, де вказуються прізвище та ініціали авторів, науковий ступінь, вчене звання, посада, назва підрозділу (кафедри) та організації, її місцезнаходження (адреса, місто, країна), та особисті дані кожного з авторів (адреса, місто, країна, контактний телефон / факс, e-mail).

Обов'язково слід надати електронну версію в редакторі Microsoft Word. Назви файлів необхідно вказувати тільки латинськими літерами. Слід навести додатково файли, використані при запису статті (*.tif, *.psd, *.doc, *.jpg). Точність зображення растрових файлів - не менше 300 dpi.

До відома авторів:

- Якщо статтю оформлено з порушенням зазначених вище вимог та правил, то редакція журналу після попереднього розгляду може відмовити автору в публікації.
- Усі статті публікуються за наявності позитивної зовнішньої рецензії. На зовнішнє рецензування статті направляються редколегією журналу.
- Зміст статті та якість перекладу (українською, російською або англійською мовами) переглядаються редакторами-коректорами журналу, проте відповідальність за зміст статті та якість перекладу несуть автори статті.
- До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без згоди автора.
- Гонорар авторам не виплачується.
- Остаточний висновок щодо публікації схвалює редакційна колегія журналу.

Рукописи статей надсилати на адресу редакції:

Україна, 03186, м. Київ, Чоколівський бульв., 13
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Тел.(факс): (044) 245-87-97, E-mail: itelua@kv.ukrtel.net

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
Заснований у 2008 р.**

ВИПУСК 13

Технічний редактор - *В.П. Берчун*

Складання і верстка - *В.П. Берчун*

Підписано до друку 13.05.2013 р.

Тираж 300 прим.

**Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
Чоколівський бульв., 13, Київ, 03186**

Віддруковано у видавництві ТОВ «СІТПРІНТ»

Офіс 213, вул. Еспланадна, 20, м. Київ, 01023