

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

На правах рукопису

ГОШОВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ

УДК 911.2 : 551.4 (477.83)

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕХНОПРИРОДНИХ ГЕОСИСТЕМ
АДМІНІСТРАТИВНИХ ОБЛАСТЕЙ
(на прикладі Львівської області)**

21.06.01 - Екологічна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

**Науковий керівник
Рудько Георгій Ілліч,
доктор геолого-мінералогічних наук,
доктор географічних наук,
доктор технічних наук, професор**

Івано-Франківськ – 2008

d 331

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ОБЛАСТІ ТА РИЗИК ЙОГО НАРОДНОГОСПОДАРСЬКОГО ОСВОЄННЯ	10
1.1 Короткий огляд стану проблеми.....	10
1.2 Геологічне середовище гірського типу.....	14
1.3 Геологічне середовище перехідного типу	18
1.4 Геологічне середовище платформного типу	33
1.5 Умови і фактори розвитку небезпечних геологічних процесів.....	36
1.5.1 Геодинаміка зсувних процесів.....	36
1.5.2 Геодинаміка карстового процесу.....	49
1.5.3 Геодинаміка ерозійних процесів.....	51
1.5.4 Геодинаміка процесів підтоплення	53
1.6 Методологічні основи оцінки екологічної безпеки геологічного середовища у зв'язку з розвитком геологічних процесів.....	56
1.6.1 Геологічне забезпечення урядової інформаційно-аналітичної системи із надзвичайних ситуацій на регіональному рівні (сучасні екзогенні процеси)	60
1.6.2 Методичні основи екологічної безпеки техноприродних геосистем зсувонебезпечних територій	64
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	73
РОЗДІЛ 2. МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	75
2.1 Концепція регіонального моніторингу довкілля Львівщини.....	75
2.2 Моніторинг геологічних процесів.....	77
2.3 Принципи здійснення прогнозу змін стану навколишнього середовища	85
2.4 Результати територіального рівня моніторингу небезпечних геологіч- них процесів Львівської області.....	94
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	95
РОЗДІЛ 3. РЕГІОНАЛЬНА ТА ЛОКАЛЬНА ОЦІНКИ СТАНУ ГЕОЛОГІЧ- НОГО СЕРЕДОВИЩА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА УМОВАМИ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ (ЗСУВИ, КАРСТ)	97
3.1 Регіональні картографічні моделі районування за умовами розвитку зсувів (відповідно до масштабу 1:200 000).....	102

3.2	Методичні основи районування за умовами виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених розвитком зсувів (відповідно до масштабу 1:200 000)	108
3.3	Оцінка зсувного ризику в межах зсувних геосистеми Львівської області	110
3.4	Методичні основи районування за умовами виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених розвитком карсту	114
3.5	Кризовий моніторинг техногенно-активізованого сульфатного карсту в межах сірчаних родовищ та керований контроль трансформації гірничопромислового комплексу в рекреаційній	121
3.6	Розрахунок ризику ураженості карстом у межах Язівського родовища (до затоплення та після затоплення).....	149
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	152
	РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА РИЗИКУ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	153
4.1	Техногенне навантаження на геологічне середовище	153
4.2	Гідрогеологічні умови ділянки р. Стрий в зоні водосховища.....	153
4.3	Структурно-тектонічні та літологічні умови ділянки долини р. Стрий від с. Нижнє Синьовидне до с. Ластівка (зона будівництва Стрийського водосховища)	159
4.3.1	Інженерно-геологічні умови вибраної ділянки.....	170
4.3.2	Інженерно-геологічні умови чаші водосховища	173
4.4	Варіанти протиповеневого захисту, вибір варіанта	175
4.5	Порівняльний аналіз стану геологічного середовища функціуючого в Польщі Солінського водосховища та проектного Стрийського водосховища	177
4.6	Розрахунок ризику розвитку надзвичайних ситуацій при функціонуванні Стрийського водосховища.....	179
	ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	180
	ВИСНОВКИ	181
	ДОДАТКИ	183
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	202

ВСТУП

Актуальність проблеми. Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 16.12.1999 р. № 2303 “Про створення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій” (УІАС НС) і наказу Департаменту геології та використання надр Мінекоресурсів від 17.04.2000 р. № 19 геологічні дослідження повинні забезпечувати подання інформації щодо можливості виникнення надзвичайних ситуацій пов’язаних з небезпечними геологічними процесами. Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 19.04.2008 р. № 212 “Про затвердження критеріїв розподілу суб’єктів господарювання за ступенем ризику їх господарської діяльності для навколишнього природного середовища та періодичності здійснення заходів державного нагляду (контролю)” екологічна безпека геологічного середовища адміністративних областей на сучасному етапі розвитку держави має значну еколого-економічну актуальність.

За останні 60-70 рр. минулого століття у зв’язку із використанням ресурсів геологічного середовища на території Львівської області сформувалися регіональні техноприродні геосистеми відповідної спеціалізації, які на сьогоднішній день потребують трансформації або ліквідації. Наукові та методичні питання цієї проблеми і досліджувалась у дисертаційній роботі.

Методологія оцінки техногенно-екологічної безпеки геологічного середовища виконана з позицій реалізації наступних процедур: визначення просторово-часових закономірностей розвитку небезпечних геологічних процесів (НГП), наукового обґрунтування та реалізації регіонального моніторингу геологічного середовища, виконання районування, нормування та управління інженерним ризиком різних за об’ємом та спеціалізацією техноприродних геосистем (на прикладі Львівської області), науковий аналіз та розробка управлінських рішень щодо будівництва гідроенергетичного комплексу.

Усе це зумовлює актуальність наукового дослідження щодо екологічної безпеки техноприродних геосистем Львівської області.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Розробка наукових та методичних основ екологічної безпеки техноприродних геосистем виконувалась в рамках угоди про співпрацю між Українським державним геологорозвідувальним інститутом (УкрДГРІ) та Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу. Результати наукових досліджень, у яких здобувач приймав участь, висвітлені у наступних темах УкрДГРІ: “Створення методики ведення моніторингу екзогенних геологічних процесів на державному, регіональному та об’єктовому рівнях (I етап зсуви, обвали)” (державний реєстраційний № 0102U004989); “Розробка та обґрунтування методів регіональних еколого-геологічних досліджень” (державний реєстраційний № 0104U006118); “Розробка методики та виконання регіонального просторового прогнозу виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених процесами просідання, осідання та підтоплення” (державний реєстраційний № 0105U002939).

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи є наукове обґрунтування зменшення ризику розвитку небезпечних геологічних процесів та визначення заходів з оптимізації та трансформації техноприродних геосистем на стадії їх функціонування та ліквідації.* Для досягнення цієї мети необхідно було виконати наступні *завдання*: 1) визначити просторово-часові закономірності розвитку та катастрофічної активізації небезпечних геологічних процесів на регіональному та локальному рівнях і їх вплив на стан геологічного середовища у межах техноприродних геосистем; 2) розробити наукові і методичні основи регіонального моніторингу геологічного середовища (на прикладі Львівської області); 3) розрахувати ступінь ризику розвитку небезпечних геологічних процесів на регіональному та локальному рівнях; 4) науково обґрунтувати розробку управлінських рішень з оптимізації техноприродних геосистем;

5) визначити інженерно-геологічну, гідротехнічну, водогосподарську, рекреаційну та соціально-екологічну доцільність будівництва гідроенергетичного комплексу на р. Стрий.

Об'єктами дослідження є небезпечні геологічні процеси у межах техноприродних геосистем (ТПГ).

Предмет досліджень – стан техноприродних геосистем, зумовлений динамікою геологічного і суміжних середовищ (на прикладі Львівської області).

Методи дослідження. *Методологічну основу* дослідження складає концепція еколого-геологічної безпеки техноприродних геосистем у межах геологічного середовища, що ґрунтується на положеннях екологічної геології, геоелекології та використанні екологічного, геосистемного та інших підходів, а також методів аналізу і синтезу, індукції і дедукції.

Методи дослідження: польове та дистанційне інженерно-геологічне та комплексне геоелекологічне обстеження процесонебезпечних територій. Широко використовувалися такі методи як картографічний, геоінформаційний, аналітичний. Частина результатів отримано при використанні комп'ютерного математично-картографічного моделювання.

Фактичний матеріал. Вихідні дані для дисертаційної роботи отримані в результаті багаторічних досліджень автора при вивченні геолого-екологічних умов і факторів формування та розвитку небезпечних геологічних процесів. При підготовці дисертації використані фондові матеріали ДП “Західукргеологія”.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше розроблена система регіонального моніторингу геологічного середовища адміністративної області та виконана оцінка техногенних впливів на геологічне середовище з метою оптимізації екологічної безпеки техноприродних геосистем.

2. Вперше за результатами функціонування системи регіонального моніторингу розрахований ризик регіонального розвитку небезпечних геологічних процесів (зсуви) для техноприродних геосистем Львівської області.

3. Вперше розрахований екологічний ризик для гірничопромислового комплексу на стадії його ліквідації і трансформації в рекреаційний комплекс з урахуванням карстоутворення (на прикладі Язівського родовища сірки).

4. Подальший розвиток отримало наукове обґрунтування моделі стану геологічного середовища в зоні будівництва Стрийського гідроенергетичного комплексу.

Таким чином реалізовані:

- наукове обґрунтування екологічного ризику для техноприродних геосистем Львівської області;

- наукові засоби розрахунку регіональних та локальних чинників екологічної безпеки за умовами прояву небезпечних геологічних процесів в межах техноприродних геосистем Львівської області;

- науково-методичні основи впровадження розробленої системи оптимізаційних заходів на умовах нормованого ризику.

Практичне значення одержаних результатів. Матеріали дослідження рекомендуються для використання обласному і районним управлінням екологічної безпеки у Львівській області. Одержані результати можуть використовуватися в навчальному процесі у ВУЗах для підготовки фахівців геологічних, екологічних та інших спеціальностей.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем особисто вивчено, проаналізовано та узагальнено геологічні матеріали з питань активізації небезпечних геологічних процесів, закономірностей їх прояву, причин виникнення, ризику катастрофічного розвитку та наслідків на території Львівської області.

1. Обґрунтовані наукові та методичні основи екологічної безпеки та

система моніторингу небезпечних геологічних процесів у межах ТПГ [1].

2. Розроблені наукові та методичні основи оцінки екологічного ризику розвитку небезпечних геологічних процесів на регіональному рівні [2].

3. Розроблені наукові і методичні основи оцінки екологічного ризику розвитку небезпечних геологічних процесів на локальному рівні [3, 4, 5, 6].

4. Здобувачем визначені наукові та методичні закономірності розвитку небезпечних геологічних процесів при спорудженні гідротехнічних комплексів Львівської області в залежності від організації геологічного середовища та функціонування ТПГ [1, 2, 6].

Висновки, що стосуються обґрунтування наукових та методичних основ екологічної безпеки системи “людина – геологічне середовище”, розробки наукових та методичних основ оцінки екологічного ризику розвитку небезпечних геологічних процесів на регіональному та локальному рівнях, визначення закономірностей розвитку небезпечних геологічних процесів у залежності від організації геологічного середовища отримані дисертантом особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження апробовані на наступних науково-практичних конференціях: Міжнародна конференція присвячена 50-річчю УкрДГРІ (Київ, 5-6 липня 2007 р.); V міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів “Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень, присвячена 90-річчю Дніпропетровського національного університету” (Дніпропетровськ, 24-25 квітня 2008 р.); V міжнародна науково-технічна конференція “Еколого-економічні проблеми Карпатського євро регіону “ЕЕПКЄ-2008” (Івано-Франківськ, 26-29 травня 2008 р.); XVIII міжнародна конференція “Проблеми екології і експлуатації об’єктів енергетики” (Ялта, смт. Кореїз, 10-14 червня 2008 р.); XVI міжнародна науково-технічна конференція “Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація

відходів” (Бердянськ, 9-14 червня 2008 р.); науково-практична конференція географічного факультету Криворізького державного педагогічного університету (Кривий Ріг, 11 квітня 2008 р.).

Результати дисертаційної роботи були апробовані на науково-практичних нарадах в УкрДГРІ, ДКЗ України, Державному екологічному інституті Мінприроди.

Публікації. Основні положення, викладені у дисертаційній роботі, опубліковані у 6 друкованих наукових виданнях (5 одноосібних), в т.ч. 5 статей у фахових виданнях, рекомендованих ВАК України.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків загальним обсягом 216 сторінок. Робота містить 9 таблиць, 48 рисунків, список використаних джерел зі 161 найменування, 19 додатків.

РОЗДІЛ 1

РЕГІОНАЛЬНИЙ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕРИТОРІЇ ОБЛАСТІ ТА РОЗРАХУНКИ РИЗИКУ ЇЇ НАРОДНОГОСПОДАРСЬКОГО ОСВОЄННЯ

1.1. Короткий огляд стану проблеми

Основи загальної концепції екологічної безпеки, в тому числі техноприродних геосистем, викладені в роботах М.Ф.Реймерса, В.І.Данілова-Данільяна, К.Ф.Фролова, В.О.Бокова, А.О.Бикова, Р.М.Кларка, М.Н.Мойсеєва та інших вчених. В останній час поглиблюються та деталізуються знання з різних наукових напрямів: техніко-економічного (Б.М.Данилишин, О.М.Трофимчук, А.Г.Шапар, Є.О.Яковлєв, В.Р.Лозанський, І.А.Шеренков, А.В.Гриценко, І.П.Крайнов, В.М.Шестопалов, М.С.Мальований, А.Б.Горстко та інші), природничого (Г.О.Білявський, І.Г.Черваньов, В.І.Осипов, О.Л.Рагозін, С.К.Шойгу, Є.С.Дзекцер, А.Б.Качинський, Є.О.Яковлєв, О.М.Адаменко, В.Я.Шевчук, В.М.Шестопалов, І.Пригожин, В.А.Котляревський, А.В.Забегаєва, А.В.Лущик, Я.М.Семчук). Екологічна безпека держави розглядається як складова національної безпеки (А.Б.Качинський, В.О.Косовцев та інші). Слід відмітити системно-динамічну концепцію, яка базується на уявленні про інтегровану безпеку (С.І.Дорогунцов, О.М.Ральчук) [152, 153, 156].

Необхідно відмітити роботи з екологічної безпеки техноприродних геосистем та ризику розвитку небезпечних геологічних процесів Г.І. Рудька, В.М.Шмандія, О.Л. Рагозіна та інших [89, 90, 91, 92].

Теоретично-методологічні та методичні основи оцінки екологічної безпеки техноприродних геосистем приведено в роботах О.Л. Рагозіна [93, 94].

Дослідження за прогновною оцінкою територій, схильних до негативних дій небезпечних природних і техноприродних процесів (НПТП), з використанням кількісних показників безпеки і ризику, стали вперше проводитися в різних країнах світу, в тому числі і в колишньому СРСР, з кінця 60-х років

XX століття. Одним з перших, хто використовував термін "ризик" стосовно НППП був відомий американський сейсмолог К.А.Корнелл (Cornell, 1968).

Сучасне розуміння природного ризику як можливих втрат від небезпеки певного генезису було закладено, напевно, в 70-х роках невеликою групою сейсмологів з Інституту фізики Землі АН СРСР (нині ОІФЗ РАН), очолюваною академіком В.І.Кейлісом-Бороком (Канторович та ін., 1970; Кейліс-Борок та ін., 1973, 1980, 1982, 1984; Капуто та ін., 1973). Слід зауважити, що приблизно до цього ж часу більшість західних ризик-аналітиків відносять початок сучасних міждисциплінарних досліджень з імовірнісного кількісного аналізу різноманітних ризиків (Kolluru et al, 1996; Renn, 1998). 30 років тому ці дослідження були пов'язані, переважно, з розробкою методології забезпечення безпеки складних технічних систем і небезпечних виробництв — ядерних, космічних, хімічних і т.п. Наступним етапом був етап складання карт природних небезпек.

Пріоритет у складанні карт природних небезпек і ризиків за кордоном належить фахівцям Франції, де з 1972 по 1980 р. діяв національний план картування ZERMOS (зони, схильні до ризику зсуву і ґрунтів). Основним завданням плану ZERMOS була розробка політики запобігання екзогенних геологічних небезпек гравітаційного ряду (переважно, при гідротехнічному будівництві) на підставі картографічної інформації про їх локалізацію, генезис, чинники та вірогідність розвитку в масштабі 1:25000 (Meneroud, 1976; Porcher, Guillope, 1979; Godefroy, Humber, 1983). У такому ж або дрібнішому масштабі у Франції зазвичай складаються Генеральні схеми облаштування території (SDAU), що є одним з основних видів містобудівної документації.

За своїм змістом і призначенням карти ZERMOS нагадують традиційні оціночні карти інженерно-геологічного районування територій, методика складання яких досить добре відома у роботах 50–60-х років І.В.Попова, Г.С.Золотарева, Л.Д.Білого, Г.А.Голодковської та інших. У класичному варіанті на вітчизняних картах районування передбачається виділення від трьох до п'яти типів територій (груп таксонів), що розрізняються за складністю природних умов, інтенсивності геологічних процесів і відповідно – за можливістю (сприят-

ливості) використання і (або) за ступенем стійкості цих територій в природному стані та при техногенних діях.

У межах досліджуваної території систематичне і планомірне вивчення небезпечних геологічних процесів почалося після створення в 1964 р. у складі геологічної служби структурного підрозділу з регіонального вивчення геологічних процесів у складі Львівської ГРЕ. Починаючи з 1966 р., роботами з вивчення геологічних процесів займається Чернівецька комплексна геологічна партія Львівської ГРЕ, яка до 1986 р. однією з перших у державі завершила регіональне інженерно-геологічне картування геологічних процесів, обґрунтувала ефективну мережу режимних спостережень і постів з вивчення небезпечних геологічних процесів, вперше розробила програму відносно впровадження інженерно-геологічного моніторингу геологічних процесів з застосуванням найсучасніших методів. Це дозволило створити комплект регіональних карт, які відтворюють стан геологічного середовища, різних типів господарської діяльності в межах зсуво-, сільо- і карстонебезпечних територій. Паралельно проводились роботи на стаціонарах з вивчення локальних закономірностей зсувів, селів і карсту. Можна вказати цілу низку робіт, які проводились з початку під керівництвом Д.М.Радецького, а потім Г.І.Рудька (Д.М.Радецький та ін., 1978, 1980, 1982, Г.І.Рудько та ін., 1982, 1983, 1986).

Було виконано попередню регіональну класифікацію ЕГП з виявленням закономірностей просторового їх розповсюдження масштабу 1:500 000. Найпрактичнішими для вивчення певного процесу є карти масштабу 1:50 000 – 1:200 000; на картах дрібніших масштабів показано райони поширення небезпечних геологічних процесів без виділення окремих проявів.

Територія Львівської області добре вивчена космоаерогеологічними методами. Складені неотектонічні, аерогеологічні, прогнозні та інші спеціальні карти різних масштабів. У 1983–1988 рр. загоном розроблено методику й успішно проведено дослідно-методичні роботи з вивчення динаміки НГП за допомогою аналізу АФЗ різних років на інженерно-геологічній основі (Г.І.Рудько та ін., 1986, 1988) [96, 113, 114, 115, 119, 120].

Територію області добре вивчено і забезпечено геолого-гідрогеологічною основою. Частина території проведення робіт зайнята державною геологічною зйомкою масштабу 1:50 000 (А.М.Денисевич, 1968, Л.С.Герасімов, 1983, Ю.Д.Рубцов, 1971, П.Г.Лазаренко, 1973, І.І.Герасімова, 1978, В.В.Кузовенко, 1968, 1978). Виконані ці роботи, в основному, в Передкарпатті та в межах північних схилів Карпат.

Північну частину Львівської області схарактеризовано спеціалізованою комплексною геолого-гідрогеологічною зйомкою масштабу 1:50000 з метою меліорації та меліоративного будівництва. При проведенні цих робіт складено кондиційні інженерно-геологічні карти масштабу 1:50000. Спеціальні середньо- і великомасштабні інженерно-геологічні зйомки виконано лише на окремих ділянках.

Спеціалізовану комплексну геолого-гідрогеологічну зйомку масштабу 1:50000 проведено також на різних ділянках, що зрошуються та осушуються, по всій території області. В інженерно-геологічному відношенні район робіт вивчений в цілому задовільно, але нерівномірно.

Для Львівської області складено карту інженерно-геологічних умов і районування масштабу 1:100 000 (Ю.П.Маркітан, 1983). Її було частково використано дисертантом для створення інженерно-геологічних карт масштабу 1:200 000.

В процесі систематичних геологічних і гідрогеологічних робіт постійно накопичувались відомості щодо тих чи інших факторів інженерно-геологічних умов території. Практично всі геолого-зйомочні та пошуково-розвідувальні роботи супроводжувались відповідними об'ємами лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей порід, у процесі всіх досліджень, певною мірою відмічались прояви фізико-геологічних процесів, геологічні ускладнення в свердловинах і гірничих виробках, описувався рельєф і водотоки. Багато з цих елементів інженерно-геологічних умов зафіксовані на різних геологічних, гідро-геологічних, геохімічних картах.

У 1988–1993 рр. Львівська ГРЕ (Г.Г.Грузман) провела спеціалізовану інженерно-геологічну зйомку центральної частини Львівської області масштабу 1 : 200 000 листів М-34-XXIV, М-34-XVIII, М-34-XIII. Вивчені інженерно-геологічні умови території, фізико-механічні властивості ґрунтів і гірських порід, закономірності прояву сучасних геологічних процесів на території досліджень.

У 1989–1997 рр. Л.С.Герасимов (Львівська ГРЕ) провів "Геологічне довивчення масштабу 1:200 000" листів М-34-XVIII, М-34-XXIII, М-34-XXIV, М-35-XIII, М-35-XIX з метою складання комплекту геологічних карт, які б відповідали сучасним уявленням та вимогам і критичній переоцінці площі на корисні копалини. В процесі робіт вивчено природні й техногенні ландшафтні комплекси, подається геохімічна характеристика ґрунтів, детально розглянуто питання взаємодії геологічного середовища з іншими компонентами екологічних систем і тенденції розвитку небезпечних геологічних процесів, зміни гідро-геологічних умов під впливом техногенного навантаження, забруднення підземних вод. Даються рекомендації щодо запобігання негативних наслідків у зв'язку з техногенним навантаженням та забрудненням території в цілому.

Геологічні умови Львівської області визначаються трьома геолого-тектонічними структурами: Карпатська гірськоскладчаста система, Передкарпатський передовий прогин і Східноєвропейська платформа*.

Кожна з цих структур має свої структурно-текстурні особливості в рамках геологічного середовища відповідного типу.

1.2. Геологічне середовище гірського типу

У межах території Львівської області Карпати протягуються в південно-східному напрямку на 110 км при ширині гірського пасма 40–60 км. Тут у їх межах виділяються Скибова і Кросненська зони, які є складнопобудованими тектонічними покривами (додаток А).

* Рядом дослідників виділяється також і Західноєвропейська платформа

Скибова зона насунута на Бориславо-Покутський покрив Передкарпатського прогину. В її геологічній будові беруть участь осадові комплекси крейдового і палеогенового віку.

Крейдові відклади представлені (знизу вверху) чорними та темно-сірими кременистими аргілітами (переважають) і алевролітами з рідкими прошарками пісковиків, кількість яких збільшується у верхній частині товщі (спаська світа). Вище по розрізу залягає товща світло-сірих вапняків з пачками тонкоритмічного флішу, з домінуючими в ньому аргілітами (головнінська світа). Завершується розріз крейдових відкладів потужною товщею піщано-глинистого флішу, для середньої частини якої характерні потужні шари масивних пісковиків (стрийська світа). Аргілітові прошарки флішу слабо літифіковані, при вивітрюванні швидко перетворюються в глину, що сприяє широкому розвитку зсувних процесів.

Палеоценові відклади в нижній частині розрізу представлені потужною товщею товстошаруватих пісковиків, із строкатокольоровими аргілітами в підосві (ямненська світа). Подібний розріз характерний для північно-східної смуги Карпат. У південно-західній смузі та на крайньому північному заході пісковики палеоцену фаціально заміщуються ритмічним флішем з характерними прошарками строкатокольорових аргілітів. Олігоцен у північно-східній смузі Скибової зони представлений так званими менілітовими відкладами, для яких характерне широке поширення чорних тонкошаруватих сланців з підвищеним (до 10 %) вмістом органіки нафтового ряду. В середній частині товщі простежуються флішові відклади, нижня і верхня її частина ідентичні з перевагою чорних сланців з органікою і кременистими горизонтами в їх підосві [84, 85].

В південно-східній частині Скибової зони та в межах Кросненської зони олігоценові відклади представлені переважно груборитмічним флішем з перемінною перевагою або глинистих, або піщанистих відкладів. Для цих відкладів характерні підвищена вапняковість відкладів, інколи кременистість, а також окремі малопотужні прошарки вапняків. Верхні частини розрізу флішових товщ Складчастих Карпат датуються як перехідні від олігоцену до міоцену.

Представлені вони здебільшого тонкоритмічним флішем з перевагою в ньому чорних і строкатих аргілітів.

Флішова формація гірської частини Львівської області є середовищем більшості проявів небезпечних геологічних процесів (НГП). Літологія відкладів, умови їх залягання, характер нашарування та тектонічна тріщинуватість контролюють характер та інтенсивність небезпечних геологічних процесів, з яких найхарактернішими для Карпат є ерозія (площинний змив, яроутворення, руслова ерозія), зсуви, селі, підтоплення та обвальні-осипні процеси.

Поширені в Складчастих Карпатах породи за стійкістю до процесів вивітрювання є неоднаковими. Здебільшого слаболітифіковані глинисті породи (аргіліти, алевроліти) при вивітрюванні легко переходять в глини. Велике значення при цьому має тонкоритмічна будова, підвищена тріщинуватість. В цілому слабо стійкими до вивітрювання є відклади верхньої крейди, еоцену та олігоцену (стрийська, манявська, бистрицька, менілітова світи та інші). Найстійкішими є товщі пісковиків ямненської та вигодської світи.

Тонкоритмічні товщі з переважанням аргілітів в процесі вивітрювання генерують на гірських схилах великі маси рихлого деструктурованого, з різким переважанням глин, матеріалу, наявність яких сприяє розвитку ерозії, селів і зсувів. Здебільшого вагомим чинником розвитку і активізації цих процесів в умовах Карпат є суцільні вирубки лісів, особливо при умовах тракторного трелювання лісу вздовж схилу, а також розорювання гірських схилів.

На консеквентних схилах зазвичай мають місце структурні зсуви. Особливо часто вони розвиваються на межі стрийської і ямненської світ, де нерідко потужні товщі масивних ямненських пісковиків сповзають по зволоженому глинизованим шарам верхів стрийської світи [125, 126].

Суттєвим провокуючим фактором виникнення зсувів у Карпатах є нерідко інженерно безграмотна підрізка схилів при будівництві залізниць, автошляхів та різного призначення трубопроводів (рис. 1.1).

У межах Карпат дуже поширені ерозійні процеси. Їх виникнення і розвиток зумовлені інтенсивними процесами вивітрювання, які призводять до



Рис. 1.1. Сколівський район. Підрізка схилу в делювіальних відкладах

перетворення літифікованих порід флішу в маси слаболітифікованих порід. Поширенню ерозії також сприяє екологічно непродумане господарське освоєння Карпатського регіону – суцільні вирубки лісів, прокладання доріг і трелювання деревини вздовж схилів, а також розорювання останніх.

У розвитку НГП, зокрема зсувів та селів, значну роль відіграють делювіальні та пролювіальні відклади, потужність яких у нижній частині схилів та їх підніжжі нерідко досягає 10–15 м.

У геоморфологічному відношенні в Складчастих Карпатах Львівської області виділяють Верхньо-Дністровські Бескиди (район низькогірського рельєфу північних крайових хребтів) і Сколівські Бескиди (район середньогірських моноклінних хребтів) (рис. 1.2–1.5).

У прируслових ділянках долин усюди відмічають опливини делювію, часто зсуви течії. На схилах переважають зсуви ковзання з потужністю зсувних мас до 35 м. На древньозсувних схилах часто зустрічаються зсуви течії другого порядку.

Природний шлях розвитку небезпечних геологічних процесів значно активізується внаслідок дії різних типів техногенного навантаження (рис. 1.6). В Карпатах це сільське і лісотехнічне господарства, залізниці, автошляхи та різного призначення трубопроводи, геологорозвідувальні та гірничодобувні роботи.

1.3. Геологічне середовище перехідного типу

У межах Львівської області ширина Передкарпатського прогину становить близько 70 км на заході і 40–45 км на південному сході. Протяжність прогину з південного сходу на північний захід – 110–120 км. У його межах чітко виділяються: Бориславсько-Покутський і Самбірський покриви та Більче-Волицька зона (додатки А, Б).

Південно-західна частина прогину перекрита тектонічним покривом Скибової зони, а на північному сході, в свою чергу, насунута на Самбірську. В кінці



Рис. 1.2. Карпатська гірськоклядчаста область. Басейн р. Кам'янка.
Розвиток зсуву після дощів у делювіальних відкладах. 2005 рік.



Рис. 1.3. Панорама структурно-пластичного зсуву Кам'янка. Об'єм зсуву біля 10 млн. м³.
1. Стінка відриву. 2. Зсувні маси.

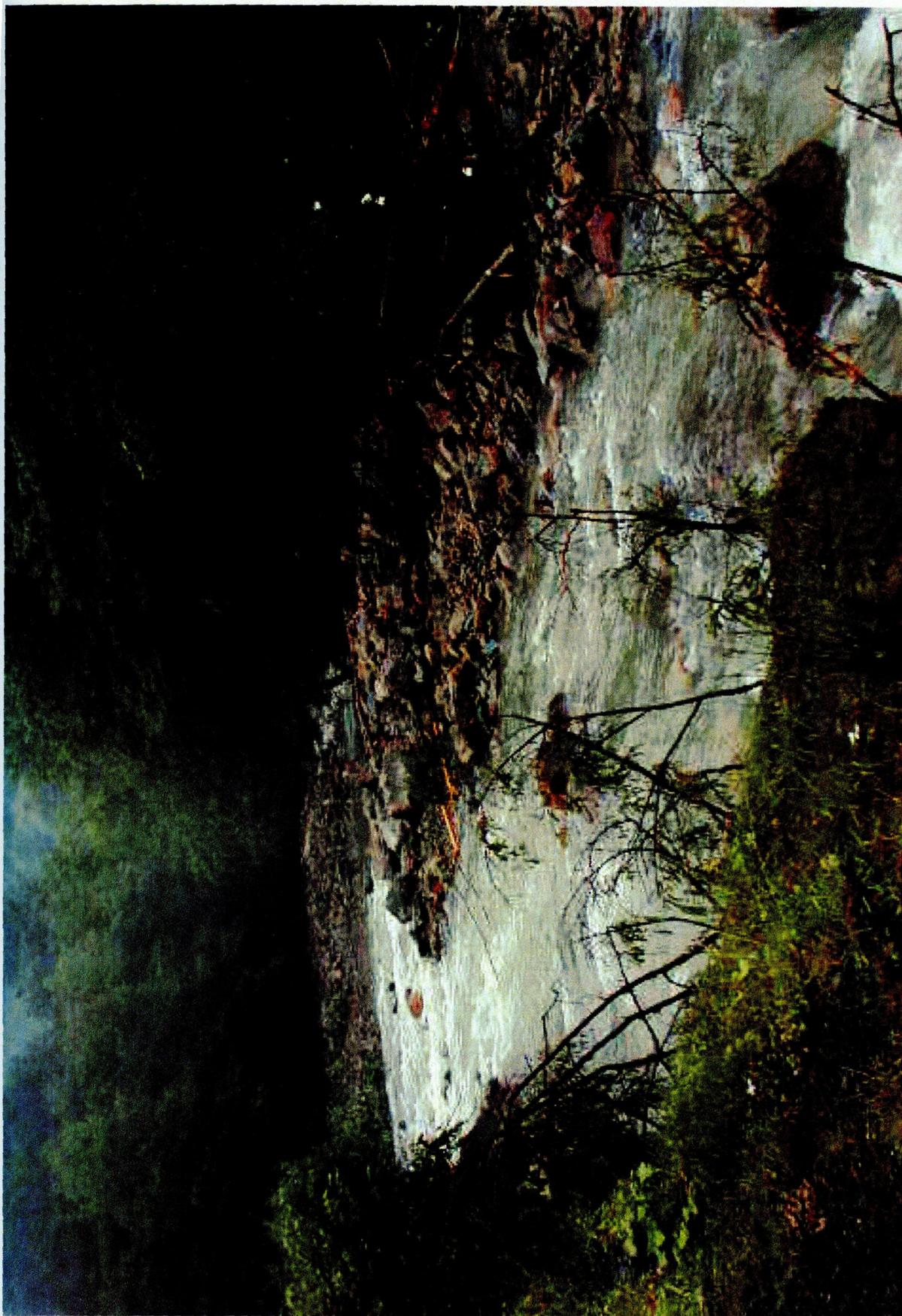


Рис. 1.4. Басейн р. Опор. Формування сільових відкладів при паводку у 2005 р.

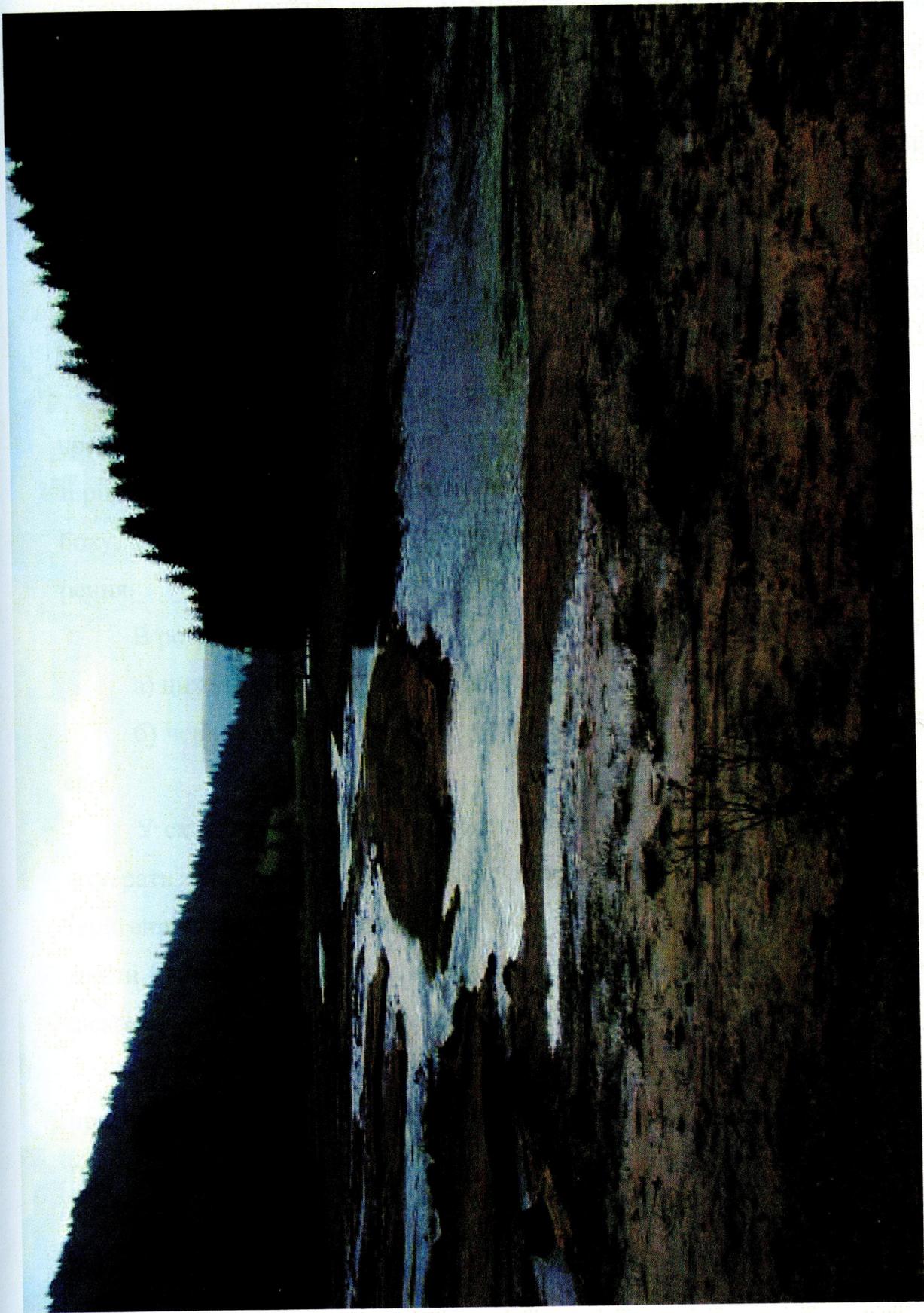


Рис. 1.5. Складчасті Карпати. Ділянка прориву плотини підпрудного озера, сформованого за рахунок зсуву

олігоценної на початку нижньоміоценової епох Бориславсько-Покутський пок- рив почав інтенсивно прогинатися і заповнюватися моласовими утвореннями. В розрізі моласової формації виділяються ранньо- і пізньомоласові комплекси поліфаціального складу, які переважно складаються з погано відсортованих піщано-глинистих утворень і конгломератів.

Північно-східна частина Передкарпатського прогину почала прогинатись в бадені. У зв'язку з цим на її території спостерігаються лише верхні моласи, які безпосередньо залягають на відкладах крейди, юри і палеозою.

Домоласовий фундамент прогину складають сильно дислоковані відклади крейдового і палеогенового віку. Між флішевою і моласовою формаціями спос- терігається поступовий перехід через відклади поляницької світи, які, з одного боку, мають багато спільного з флішем, а з іншого – нагадують моласові утво- рення.

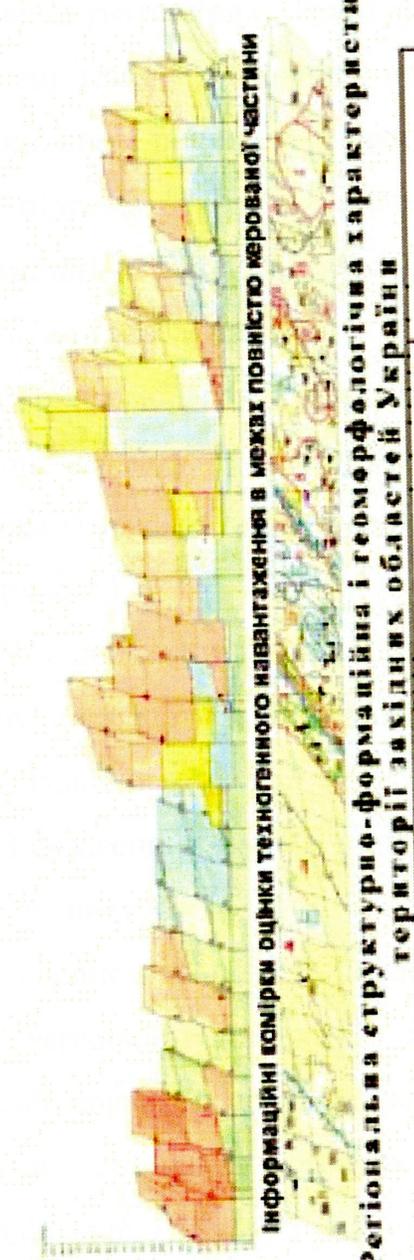
В розрізі нижніх молас виділяють дві характерні формації нижчого рангу:

- а) нижню соленосну, яка охоплює відклади воротищенської світи;
- б) червоноколірну, до складу якої входять породи стебницької і балицької світ.

У складі воротищенської світи виділяють нижню підсвіту, загорські конг- ломерати і верхню підсвіту. Підшву нижньоворотищенської підсвіти складають теригенні відклади, а верхню частину розрізу – соленосні глини і брекчії зцемен- товані галітом, прошарки та пачки менше засолонених порід (глини, алевроліти, пісковики), а також кам'яні та калійні солі (рис. 1.6).

Перекривають нижньоворотищенську соленосну товщу загорські шари, представлені товщею тонкого перешарування засолонених аргілітів, алевролітів, пісковиків з пачками та прошарками гравелітів, конгломератів, соленосних брек- чій, а, іноді, і глинистих кам'яних солей. В районі Трускавця загорські шари складені потужною товщею (~220м) екзотичних конгломератів, гравелітів, пісковиків.

**Блок-схема інтенсивності техногенного навантаження на геологічне середовище
Карпатського регіону України**



**Регіональна структурно-формаційна і геоморфологічна характеристика
території західних областей України**

<p>Підприємство «Львівський геологічний інститут»</p> <p>Львівський геологічний інститут</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p>	<p>Львівський геологічний інститут</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p>	<p>Львівський геологічний інститут</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p>	<p>Львівський геологічний інститут</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p> <p>Львівська область, Львівський район, м. Львів, вул. Кіровоградська, 12</p>
--	--	--	--

**Блок-схема інтенсивності техногенного навантаження на геологічне середовище
Карпатського регіону України**

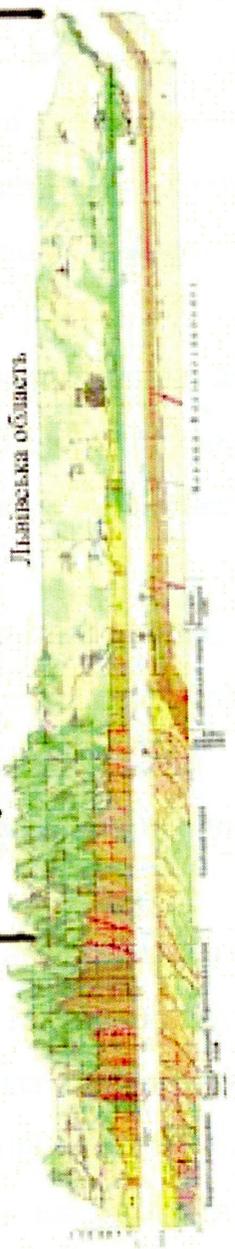


Рис. 1.6. Розрахунок техногенного навантаження на геологічне середовище Карпатського регіону України (техногенно-екологічна безпека) відповідно до постійно діючої моделі масштабу 1:500 000 у межах техноприродних геосистем

Верхньоворотищенська підсвіта складена товщею соленосних брекчій і глин з пластами, лінзами кам'яних і калійних солей, засолонених алевролітів і пісковиків і є основною калієносною товщею Передкарпаття, до якої приурочені найбільші за запасами поклади калійних солей Стебницького родовища.

Воротищенські соленосні відклади перекриваються потужною товщею піщано-глинистих різнокольорових відкладів стебницької світи. Вони складаються з перешарування пісковиків, алевролітів і строкатих (червоних, зеленуватих, зеленувато-сірих, сірих) аргілітів. У верхній частині розрізу зустрічаються засолонені глини, лінзовидні прошарки кам'яної та калійної солей. Відклади балицької світи поширені тільки в Самбірській зоні та розділені на дві підсвіти. Нижня підсвіта складена зеленувато-сірими мергелистими глинами з прошарками калійних солей, а верхня – різнокольоровою товщею глин, аргілітів, пісковиків і гравелітів.

Верхньомоласові утворення об'єднують різнофаціальні відклади баденію і нижнього сармату. В їх розрізі виділяються дві підформації: нижня – гіпсо-ангідритова (тираська світа) і верхня – глинисто-піщана (косівська світа, волинський горизонт).

У складі суцільно поширеного покриву четвертинних порід у межах прогину виділяються алювіальні, пролювіальні, елювіальні, елювіально-делювіальні, флювіогляціальні та льодовикові відклади.

З екзогенних геологічних процесів у межах прогину найпоширеніші карст, ерозія, зсуви (рис. 1.7).

Наявність в розрізі нижніх молас соленосних відкладів (воротищенська світа, верхньостебницька і верхньобалицька підсвіти) обумовлює доволі широкий розвиток соляного карсту внаслідок експлуатації соляних родовищ. Природно-історичний розвиток карсту в середовищі розвитку нижньомоласових відкладів знаходиться в слабоактивній стадії. Активізація спостерігається при експлуатації Стебницького родовища калійних солей.

В північно-східній частині прогину небезпечними є прояви сульфатного карсту, приурочені до ділянок поширення верхньомоласових відкладів (тираська

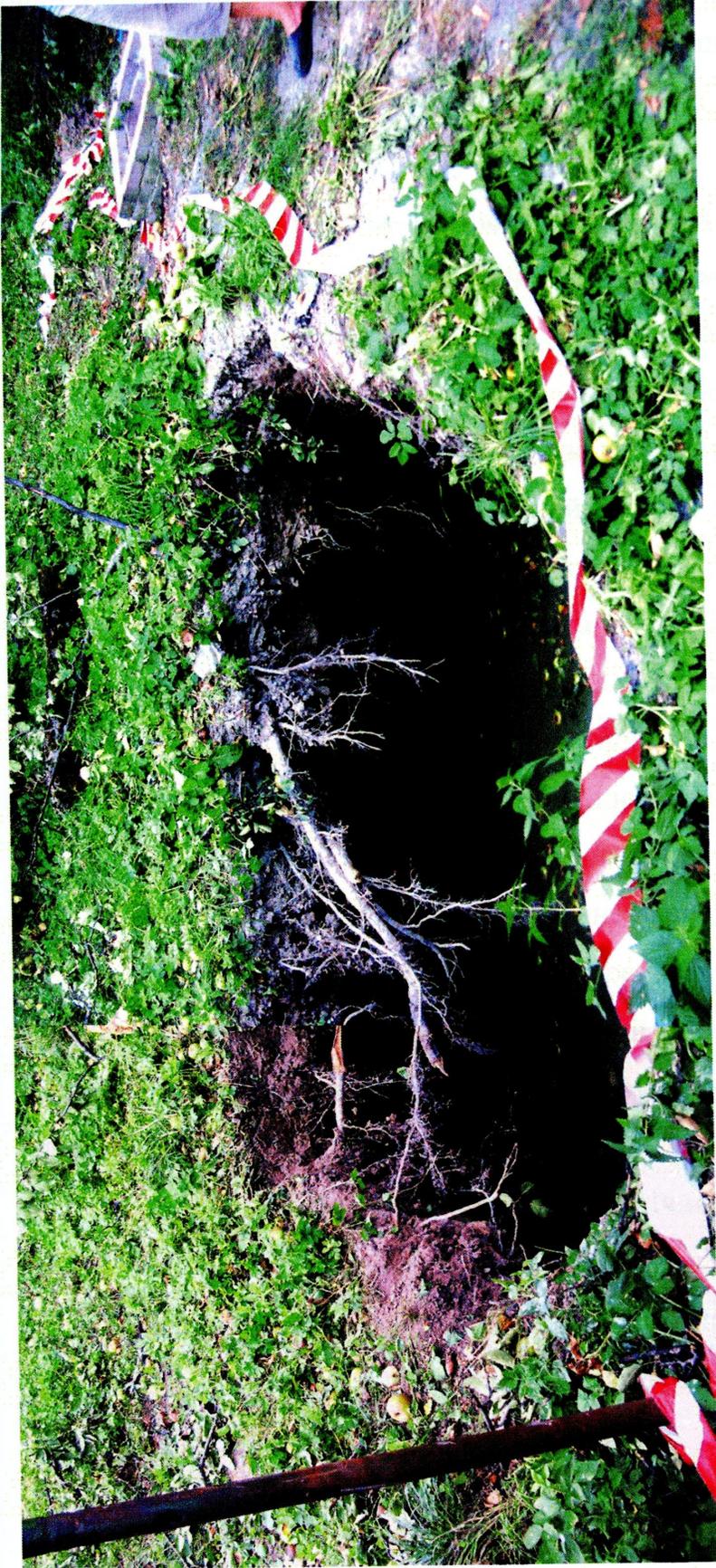


Рис. 1.7. Надзвичайна ситуація. Провал у межах курорту Трускавець.
Причина – техногенні зміни гідрогеологічних умов

світа). Природно-історичний розвиток сульфатного карсту, як і галогенного, проходить досить повільно. Значна його активізація спостерігається внаслідок експлуатації сірчаних родовищ, відкриття та експлуатації великих кар'єрів, таких як кар'єр Миколаївського цементного заводу (с. Задорожне) і кар'єр Яворівського гірничохімічного комбінату [132].

В басейні р. Вишня значного поширення набули зсуви в гідрофільних глинах міоцену, які розчленовані річковою системою басейну р. Сян. Активізація окремих зсувів, як правило, пов'язана з техногенною діяльністю.

Визначальною ознакою рівнини є повсюдне поширення водно-льодовикових відкладів, представлених найчастіше глинистими, дрібнозернистими пісками з галькою кристалічних порід у нижній частині піщаних товщ. Потужність цих відкладів досягає кількох десятків метрів.

З екзогенних геологічних процесів найбільший вплив на стан геологічного середовища здійснюють карстові явища в гіпсоангідритовій товщі тираської світи. Активізація карстових процесів спостерігається в зоні впливу Яворівського гірничодобувного комплексу, внаслідок зміни гідродинамічного режиму території (рис. 1.8-1.12). Суфозійні процеси в водно-льодовикових і еолово-делювіальних суглинках мають підпорядковане значення. На північній околиці с. Родатичі поширені древньозсувні форми рельєфу. До долин рік Вишня, Шкло приурочені процеси донної і бічної ерозій, які ведуть до руйнування уступів заплавних терас. У межах району часто зустрічаються надлишково зволожені, заболочені ділянки.

В геотектонічному відношенні північно-східна частина знаходиться в перехідній зоні від платформи до прогину, а південно-західна – в північно-східній частині Передкарпатського крайового прогину. Особливості геологічної будови визначають деякі відмінності рельєфу північно-східної та західної частин району досліджень [127, 128] (додатки А, Б).

Для західної (область поширення сарматських глин) характерні пологі ували субширотного напрямку, покриті еолово-делювіальними суглинками і долинні пониження, заповнені алювіальними та водно-льодовиковими утворен-

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Масштаб 1:25 000



- A₄** СЕРЕДНІЙ (КРЕЙДОВИЙ) СТРУКТУРНИЙ ПОВЕРХ
Нижньокрейдовий структурний підповерх (вапняно-теризгена формація)
 - A₃¹** Верхньокрейдовий структурний підповерх (карбонатно-глиниста формація)
 - A₃²** ВЕРХНІЙ (КАЙНОЗОЙСЬКИЙ) СТРУКТУРНИЙ ПОВЕРХ
Середньопалеогеновий структурний підповерх (глауконіт-піщана формація)
 - A₃³** Гельветський структурний підповерх (піщано-глиниста формація)
 - A₃⁴** Нижньобаденський структурний підповерх
 - A₃⁵** Карбонатно-теризгена формація опільської світи
Верхньокрейдовий структурний підповерх
 - A₃⁶** 1. Глинисто-карбонатно-сульфатна формація тираської світи.
 - A₃⁷** Сарматський структурний підповерх (піщано-глиниста формація)
 - I₁** Ширецьке підняття брахантиклинального типу
- ІНШІ ПОЗНАЧЕННЯ**
- - Карстові воронки
 - ◻ - Ділянка робіт

За матеріалами топографічних робіт Львівської ГІУ

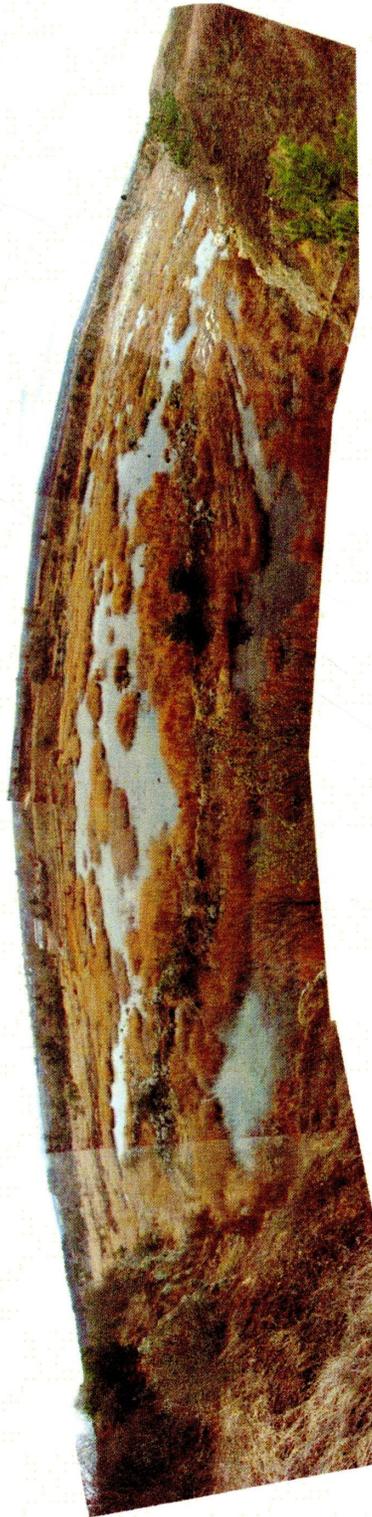


Рис. 1.8. Тектонічна карта (1) та панорама древнього карстового рельєфу в межах с. Піски (2). Розвиток природно-історичного сульфатного карсту контролюється зміною гідрогеологічних умов

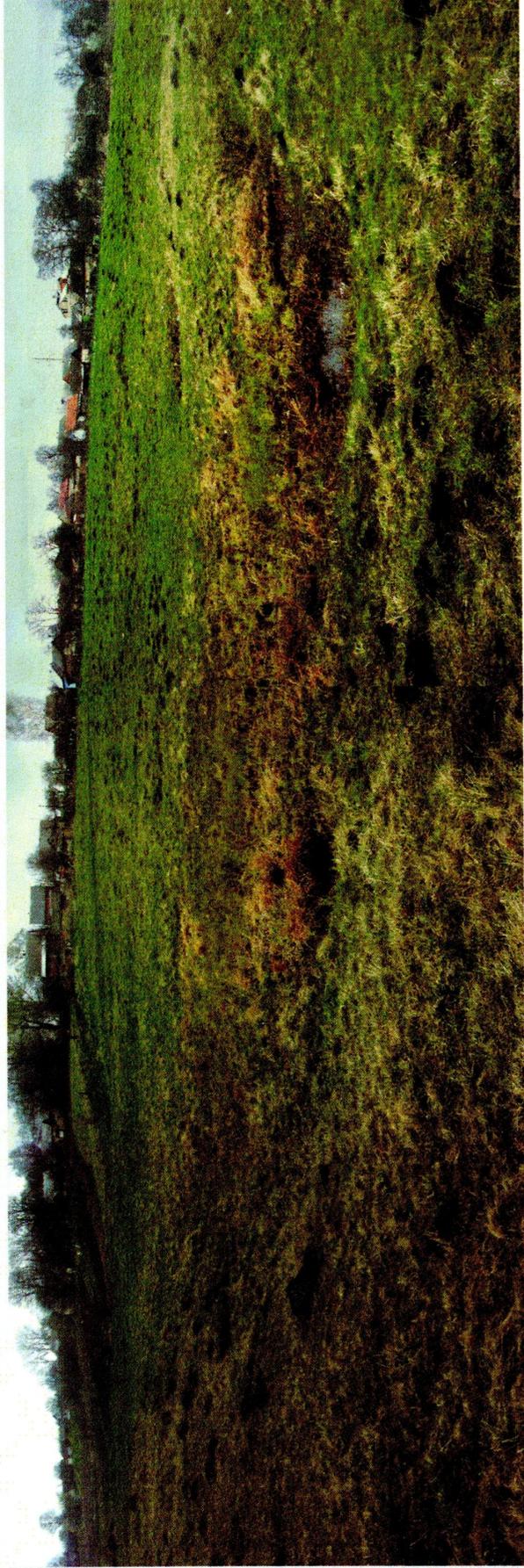


Рис. 1.9. Природно-історичний сульфатний карст на околиці с. Піски. Гіпсоангідритовий горизонт залягає у межах тектоноерозійної зони з повним прорізанням гідрогеологічного горизонту водоотоком.

Масштаб 1:25 000



За матеріалами ґеологічного ґеобазису ґеобазису ГРЕ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

І ВІКОВІ

- Голюцен. Заледжена фація пригір'їв Дністра і дрібних водотоків. Пісок, суглисок, торф, глина.
- Верхньочетвертинні відклади. Бузький горизонт. Суглинки лесовидні, суглисто-сірі магірогористі.
- Нижньочетвертинні відклади. Окський горизонт. Регресивна стадія окського зледеніння.
- Флювіогляціальні відклади - піски дрібнозернисті.
- Нижньочетвертинні відклади. Окський горизонт. Трансгресивна стадія окського зледеніння.
- Пригір'ядальні відклади - глини строкаті, в'язі, суглинки.
- Нижньочетвертинні відклади. Окський горизонт. Малолюбська свита. Діювально-пролювіальні відклади - піски різнозернисті, галечники дрібні, глини.
- Відклади дочетвертинних порід.

ЛІТОЛОГІЧНИЙ СКЛАД ПОРІД

- Піски, суглики
- Торф, мул
- Піски дрібнозернисті
- Глини строкаті
- Піски дрібнозернисті
- Глини строкаті

ІНШІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Карстові воронки
- Діювний ґеобазис

1



2

Рис. 1.10. Карта четвертних відкладів (1) та виражена карстова воронка (2). Природно-історичний сульфатний карст. с. Піски. Стан на 2007 рік.



1



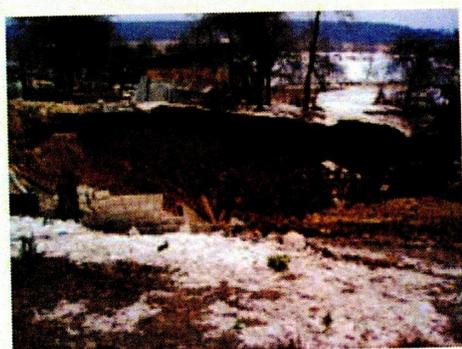
2



3



4



5



6

Рис. 1.11. Карстовий провал в с. Піски. Стадії розвитку.



1



2



3



4



5



6

Рис. 1.12. Карстові форми розповсюджені в нижній (1–2), верхній та середній частинах схилу (3–6) в районі активізації карсту в с.Піски

нями. В східній частині (область поширення вапняків, гіпсів) переважають платоподібні поверхні з широко розповсюдженими карстовими формами. Долини основних рік району Верещиці і Щирки широкі, плоскі з пологими слабותרасованими схилами, заболочені.

Вплив на стан геологічного середовища мають карстові процеси, особливо в районі с.с. Щирець і Любень. Активізація карстових явищ спостерігається в результаті зміни гідродинамічного режиму, в зонах впливу кар'єрів гірничодобувної промисловості. До долин рік Щирка, Верещиця приурочені надмірно зволожені, заболочені ділянки.

Сучасний стан геологічного середовища визначають болототворчі та ерозійні (руслова ерозія рік) процеси. В останні роки актуальною стала проблема затоплення, підтоплення населених пунктів, розташованих у межах рівнини у зв'язку з затяжними дощовими періодами.

Геологічне середовище зазнає значного техногенного впливу в межах Самбірсько-Дрогобицької височини. Тут розташовані чисельні нафтові родовища і соляні шахти (м. Стебник). З експлуатацією нафтових родовищ пов'язана активізація процесів площинного змиву і яркової ерозії, забруднення поверхневих і підземних вод. Унаслідок експлуатації родовищ калійних солей значно активізувались карстові процеси в зоні впливу гірничодобувних підприємств. Не виключена можливість забруднення вод р. Дністер концентрованими соляними розчинами, які нагромаджуються у відстійниках с. Болехівці. (Аналогічно екологічній катастрофі, яка відбулась в 1983 році, у зв'язку із проривом дамби Стебницького хвостосховища).

1.4. Геологічне середовище платформного типу

Центральна та північно-східна частини Львівської області розташовані в межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи. Платформа має два структурних поверхи: герцинський і кімерійсько-альпійський (додатки А, Б).

У будові герцинського структурного поверху беруть участь породи карбонатної формації середньоверхнього девону – нижнього карбону і вугленосної формації нижньосереднього карбону. Карбонатна формація представлена доломітами, вапняками з прошарками пісковиків. Кам'яновугільні відклади складені пісковиками, алевролітами, аргілітами з вугільними пластами. Загальна потужність відкладів – 1200–1300 м. Продуктивною є верхня частина серпухівського та нижня частина башкірського ярусів: У районі Червоноградських шахт нараховується до восьми вугільних пластів промисловою потужністю більше 0,6 м кожний. Глибина відробки – 400–600 м. Слід зазначити, що видобувна потужність вугільних пластів, як правило, збільшується на 15–20 см, порівняно з істинною потужністю пластів і це слід враховувати при прогнозуванні глибини просідання земної поверхні [128, 129, 130].

Відклади крейдового та неогенового періоду відносяться до кімерійсько-альпійського структурного поверху і представлені карбонатно-теригенною формацією, яка є середовищем розвитку небезпечних геологічних процесів у межах платформної частини Львівщини.

Крейдові відклади представлені породами верхнього відділу від сеноманського до кампанського ярусів. Сеноманський ярус складений глауконітовими пісками та глинами. Туронські відклади представлені білими і світло-сірими вапняками і писальною крейдою, з прошарками чорних кременів у нижній частині. Вище залягають крейдоподібні мергелі з кременями коньякського ярусу. Для сантону характерні мергелі, вапняковисті аргіліти і пісковики. Розріз крейди завершують відклади кампанського ярусу – мергелі, крейда, глиниста крейда, вапняковисті аргіліти і алевроліти. Потужність перерахованих порід складає 100 м, 50 м, 50 м, 300 м, залягання горизонтальне.

Завершують розріз альпійського структурного поверху міоценові відклади в наступній стратиграфічній послідовності.

До складу опільської світи входять (знизу – вверх) баранівські шари – пісковики і вапняки водоростеві, миколаївські шари – піски і кварцові пісковики,

нараєвські шари – вапняки водоростеві та детритові, ервілієві шари – вапняки, глини, піски.

Вище із стратиграфічною перервою залягають гіпси і сірконосні вапняки тираської світи, які перекриті відкладами косівської світи – глинами, детритовими і рифовими вапняками, пісками на яких залягають вапняковисті глини, піски, алевроліти, пісковики і туфи волинського горизонту.

З відкладів четвертинної системи найпоширенішими є еолово-делювіальні, флювіогляціальні, болотні, озерно-болотні відклади. Алювіальні відклади русел та комплексу заплавних терас мають підпорядковане значення [23].

З екзогенних геологічних процесів у межах платформної частини Львівської області поширені карст, суфозія, ерозія, зсуви, болототворчі процеси. Основний негативний вплив на стан геологічного середовища здійснює карст у крейдяно-мергельній товщі порід крейдового періоду, вапняках і гіпсоангідритах неогену. Карстові явища в крейдяно-мергельній товщі характеризуються значним поширенням на площі, але слабоактивні. Активізація карсту можлива при порушенні гідрологічного режиму, особливо, в зонах крупних водозаборів.

Карст у вапняках та гіпсоангідритах тираської світи має місце переважно в південно-західній частині цього регіону і являє собою найбільшу небезпеку при господарському освоєнні території. Розвинений в напіввідкритому, місцями відкритому стані, інколи перекритий товщею глин потужністю в кілька десятків метрів. Активізація сульфатного карсту можлива в зоні контакту платформи з прогином, а також у місцях порушення гідродинамічного режиму внаслідок техногенного впливу (гірничодобувні підприємства, промислове та цивільне будівництва) [113, 114, 121].

У північній частині Львівщини в межах Волинської височини широко проявлені суфозійні процеси в лесовидних суглинках.

Характерною особливістю Малого Полісся є широкий розвиток надлишково зволжених, заболочених територій серед флювіогляціальних відкладів. Ерозійні процеси мають широкий розвиток і майже повсюдно проявлені у вигляді яркової ерозії та площинного змиву, руслової ерозії в долинах рік.

Зсуви в межах платформної частини території, мають поодинокі розповсюдження. Винятком є техногенно зумовлені зсуви в бортах кар'єрів і утворені в результаті підрізки схилів при будівництві споруд та інженерних комунікацій.

1.5. Умови і фактори розвитку небезпечних геологічних процесів

Головною умовою, яка визначає розвиток усіх небезпечних геологічних процесів (НГП) є геологічне середовище (гірські породи), склад, структура, текстура та загальні тектонічні умови (додаток Б), які, в першу чергу, визначають можливість виникнення та інтенсивність розвитку геологічних та інженерно-геологічних процесів. Таким чином, при характеристиці комплексу умов та факторів, які визначають регіональні та локальні закономірності НГП, необхідно виходити з даних оцінки геологічного середовища, як багатофункціональної системи, при цьому підкреслюючи всі повільно та швидкозмінні діючі фактори для різних геоструктурних регіонів, областей, районів, тощо. Регіональну оцінку геологічного середовища було проведено на основі формаційного аналізу, тому що формація є найкрупнішим геологічним таксоном для інженерно-геологічного регіону та оцінки інженерного ризику території Львівської області.

З екзогенних геологічних процесів у межах Львівської області поширені: зсуви, карст, ерозія, підтоплення (табл. 1.1).

За результатами виконаних досліджень визначено інтенсивність розвитку процесів і територіальний напрямок їх розповсюдження, на основі яких створені карти розповсюдження НГП і оперативної оцінки змін активізації НГП для території Львівської області.

1.5.1. Геодинаміка зсувних процесів

Дослідження фондового і опублікованого матеріалу з зсувів (Г.І.Рудько, 1985, 1987, 1992, 2007) показує, що в різних формах проявів зсувів у межах досліджуваної території, а саме Львівщини, виділяються три основні схеми і відповідно до них – моделі механізму та розвитку зсувного процесу (сповзання, зрушення, пластичні зсуви) (рис. 1.13–1.15).

**Розвиток небезпечних геологічних процесів на території
Львівської області за період 2001–2006 рр.**

Площа адміністративної області, тис. км ²	зсуви				карст			селі			підтоплення	
	Загальна кількість зсувів, шт.	Площа зсувів, км ²	Ураженість зсувами адміністративної області, %/о	Кількість зсувів, що занесені до пообластних кадастрів, шт.	Площі поширення порід, що здатні карстуватись, тис. км ²	Ураженість карстовим процесом адміністративної області, %/о	Кількість виявлених нових карстових проявів, шт.	Площа селенебезпечних басейнів, тис. км ²	Ураженість селевим процесом адміністративної області, %/о	Кількість проявів селів	Підтоплені площі (в т. ч. техногенні) тис. км ²	Ураженість адміністративної області, в т. ч. техногенним підтопленням, тис. км ²
21,8	1290	47,1	0,21	413	2,18	10	2	1,73	8	64	0,144	0,66

Алгоритм розрахунку екологічної безпеки зсувонебезпечних територій відповідає середній за рік величині коефіцієнтів $K_{сер}^H$ стійкості схилу в поточний період часу (T), які характеризують відношення сумарного опору сил зрушення вздовж будь-якої потенційної поверхні ковзання до суми рушійних сил вздовж цієї поверхні

$$K_{сер}^H = \sum C_i \Delta l_i / \sum \tau_i \Delta l_i,$$

де C_i – опір зрушення на i -й ділянці; τ_i – дотичне напруження; Δl_i – абсолютна деформація.

Середня швидкість незворотних змін на прогнозний період часу T :

$$\Delta K_{сер.} = f(T).$$

Середня швидкість складає для зсувів пластичного типу – $10 - 10^2$ років, для зсувів структурно-пластичного типу – $10^3 - 10^4$ років.

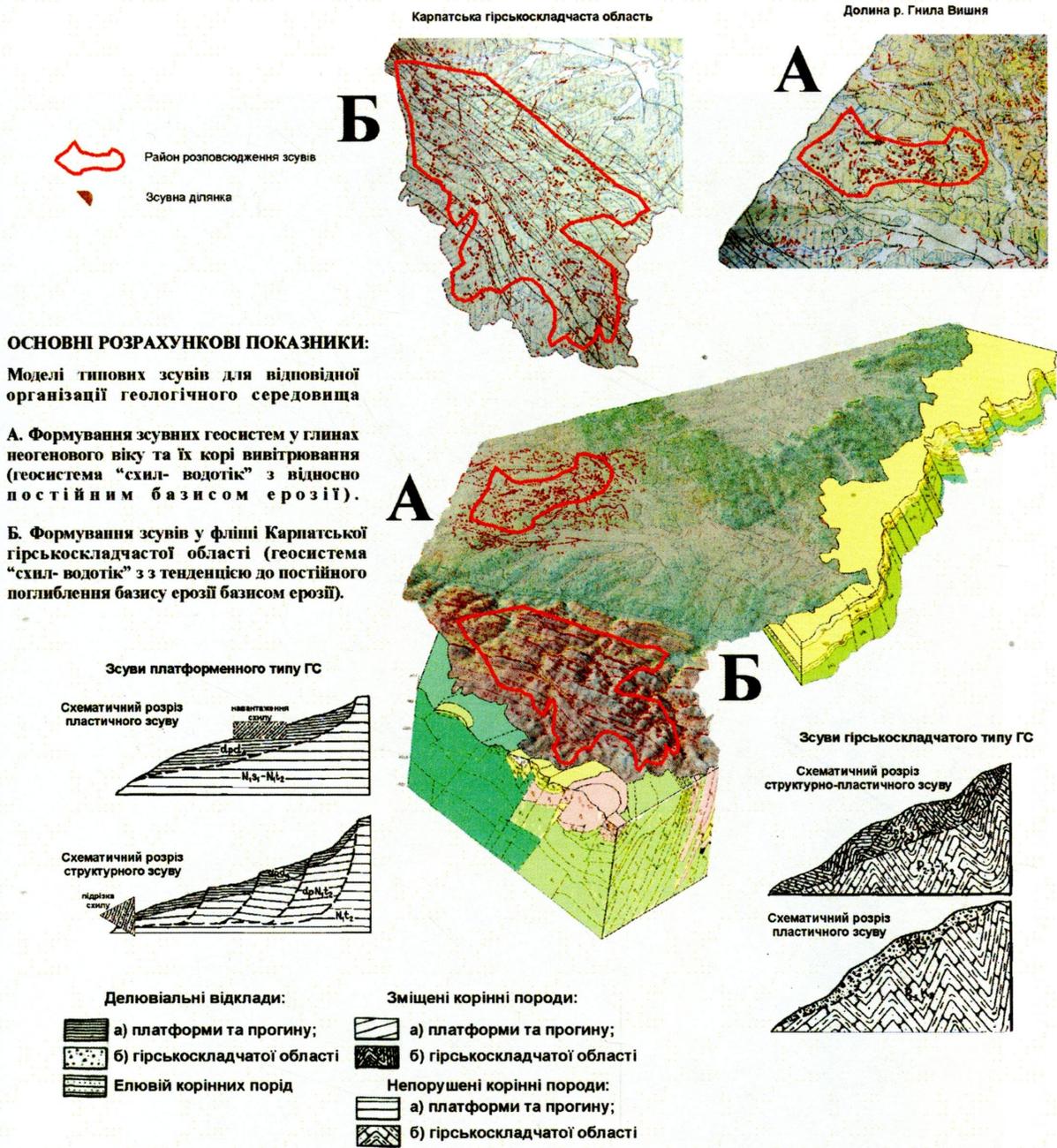


Рис. 1.13. Регіональна модель розрахунку ризику розвитку зсувів території Львівської області (відповідно до масштабу 1:200 000):

А – платформний тип геологічного середовища;

Б – гірськоклядчастий тип геологічного середовища.

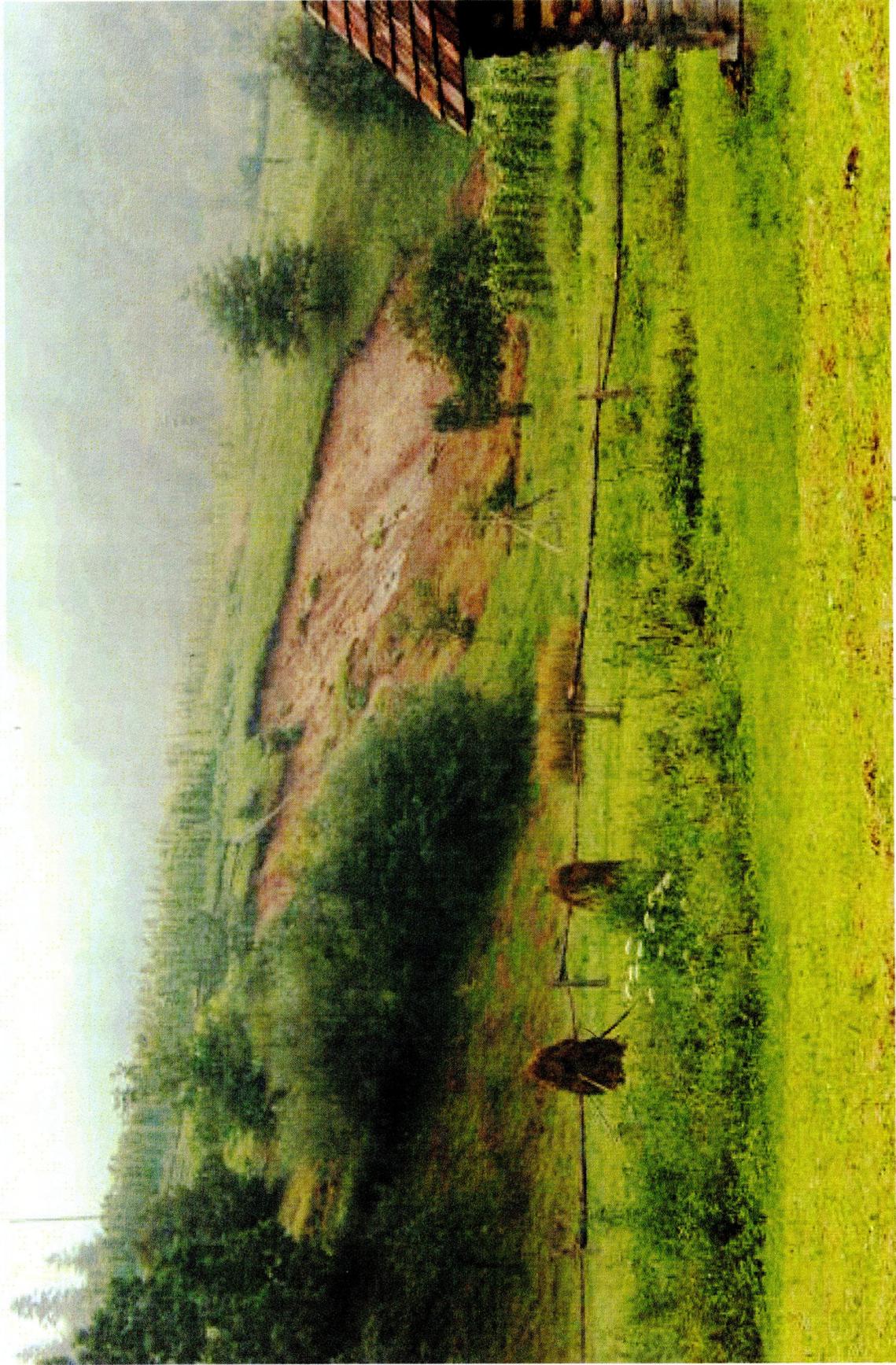


Рис. 1.14. Техногенні зсуви пластичного типу в межах Карпатської гірськоклядчастої області



Рис. 1.15. Формування пластичних зсувів у межах селітебної зони с. Кам'янка

Структурно-пластичні зсуви відрізняються великою різноманітністю форм проявів, які присутні практично по всьому спектру гірських порід Львівщини – від дисперсних глинистих до скельних. На схилах, складених однорідними породами (в різних випадках у межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи), зсування зсуву проходить з обертанням близько до круглоциліндричної поверхні ковзання (асеквентні зсуви). В похилозалагаючих багатшарових верствах Карпатської гірськоскладчастої області і Передкарпатського прогину зміщення здійснюється по поверхням нашарування (консеквентні зсуви). Механізм зсувного процесу можливо визначити як ковзання великих блоків, або насуву дисперсних порід різного складу завдяки швидкісній втраті міцності (крихке руйнування), або розвиток процесу зміщення, яке призводить до зрізу. Об'єм зсувних відкладів при розвитку зсувів ковзання на досліджуваній території Львівщини від 3–10 млн. м³ до 100000–200000 м³. Швидкість зсуву змінюється в широких межах і складає від декількох метрів до десятків метрів за добу (рис. 1.16–1.19) (додаток Н, О).

Структурні зсуви – це зсуви видавлювання, які утворюються на схилах з нашаруванням порід, що близькі до горизонтального. На досліджуваній території зсуви розвинуті в межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи і в зоні зчленування платформи з Передкарпатським прогином. Вони характеризуються довгими термінами підготовки (60–70 років), дуже малими швидкостями зміщення і дуже швидкою стадією і величезними швидкостями зміщення (10 м/добу). Об'єми зсувних відкладів досягають до 10 млн. м³.

За механізмом зсуву зрушення розвивається внаслідок повзучості (в'язкопластичної течії, або крихкого руйнування) в глинистому шарі. Деформація глинистого шару впливає на повільне просідання перекриваючої товщі з утворенням в ній тріщин, у яких починається відокремлювання від корінного схилу масивного блоку порід. На досліджуваній території деформація глинистого шару відбувається на ділянках схилу з останцями високих терас.



Рис. 1.16. Відслонення глинистого флішу, який є середовищем формування зсувів структурного та структурно-пластичного типів

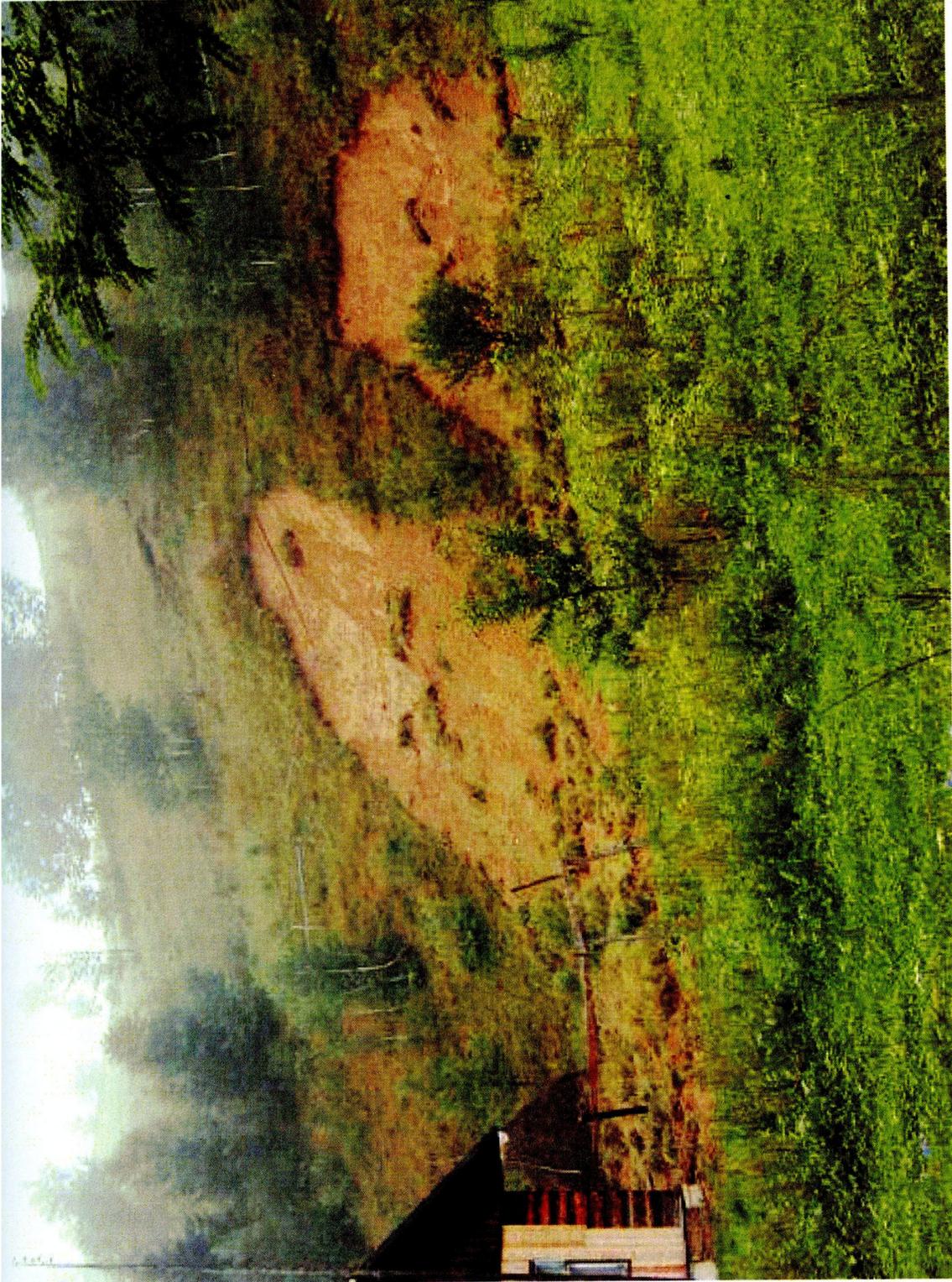


Рис. 1.17. Зсуви пластичного типу в межах Самбірського району Львівської області

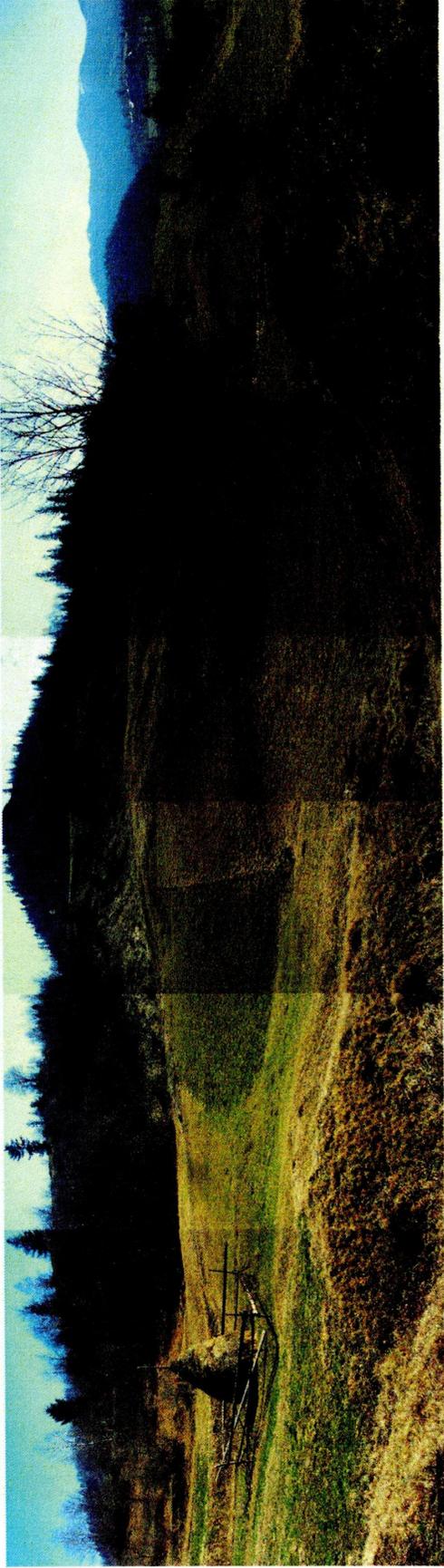


Рис. 1.18. Панорама зсувного рельєфу в Сколівському районі. Пластичні та структурно-пластичні зсуви в межах с. Новий Кропивник

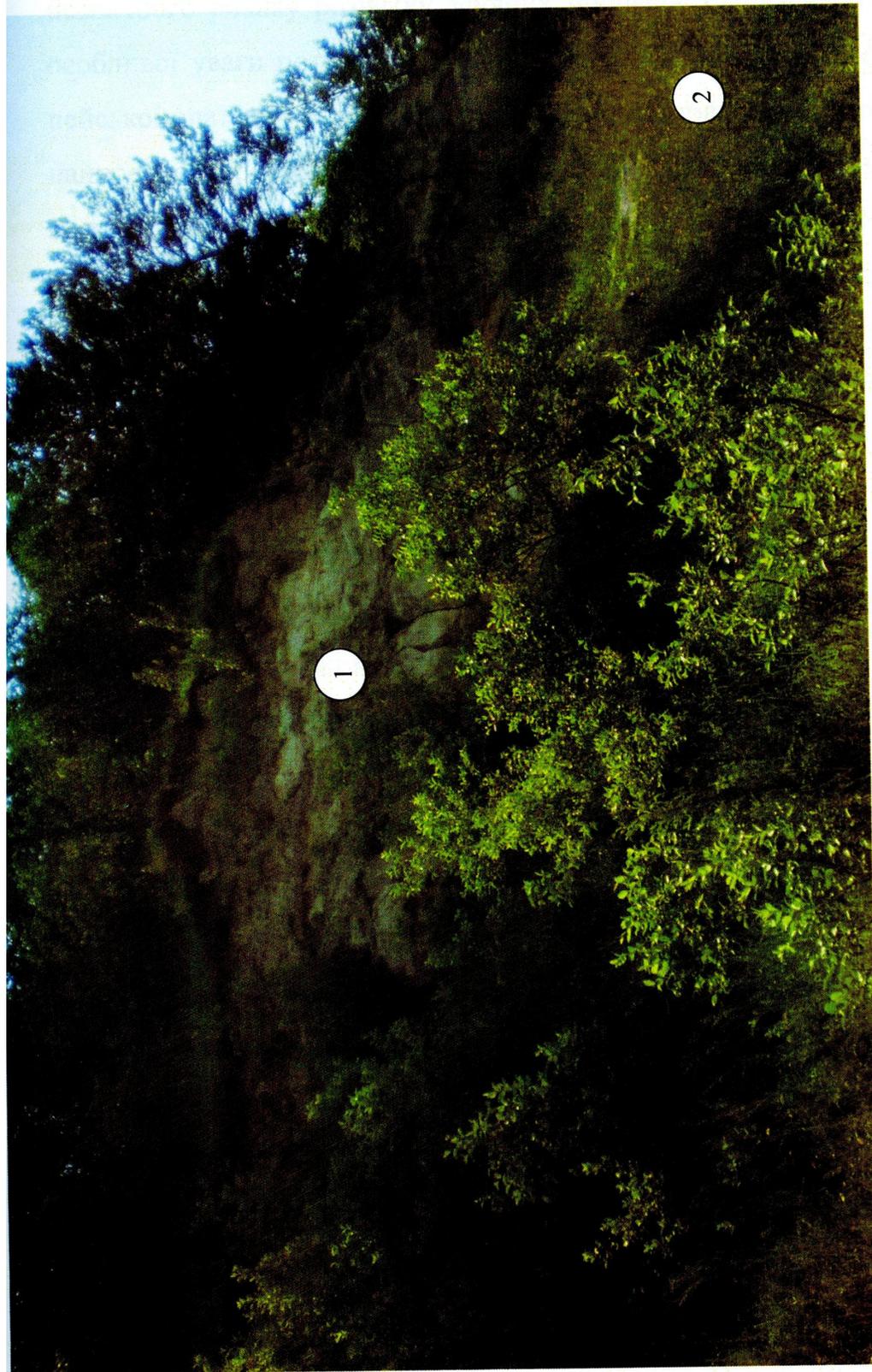


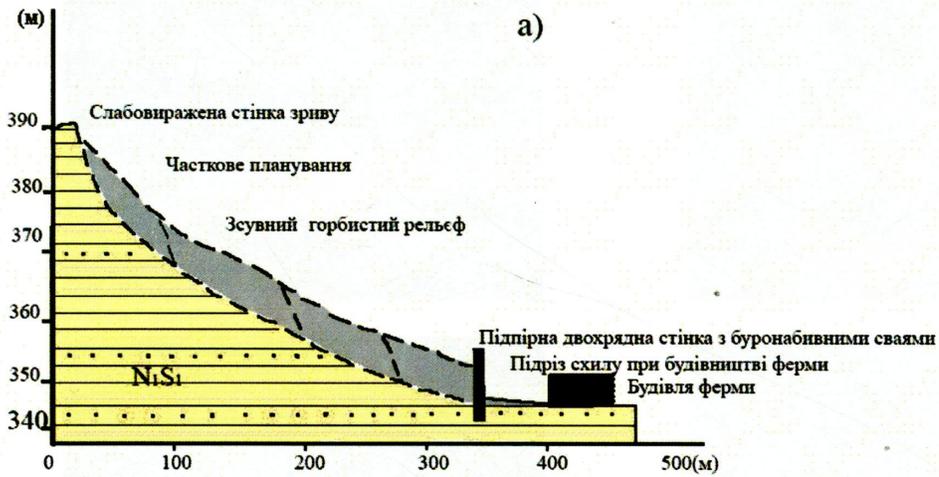
Рис. 1.19. Верхня частина структурно-пластичного зсуву в с. Кам'янка
1. Стінка зриву. 2. Верхня частина зсуву.

Платформна частина території Львівської області характеризується як зона незначного ризику розвитку зсувних процесів. Однак необхідно відмітити, що особливої уваги потребує зона контакту південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи з Передкарпатським передовим прогином. У цьому випадку найпроцесонебезпечнішими є борти кар'єрів сірчаних родовищ. Такі зсуви відомі як у борту Роздільського сірчаного кар'єру, так і в бортах Язівського сірчаного кар'єру. При незначному територіальному розповсюдженні цих зсувів відмічається їх значний негативний вплив на народногосподарські об'єкти, що виражається в руйнуванні бортів кар'єрів, розвитку нових зон активізації зсувів тощо.

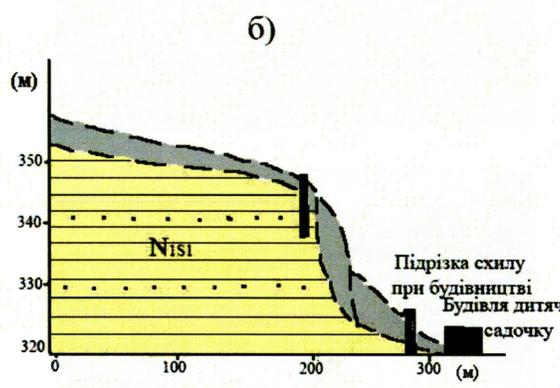
У межах Передкарпатського прогину більшість зсувів розвинуті в делювіальних відкладах на схилах р. Дністер (у верхів'ях) і його приток. Характерним є розповсюдження пластичних зсувів фронтального та інших морфологічних типів, які мають обмежені розміри і виникають внаслідок природно-історичних факторів формування схилів. У переважній своїй більшості ці зсуви не загрожують народногосподарським об'єктам, оскільки знаходяться в стабілізованому стані. У випадку техногенного впливу на схил вони можуть представляти небезпеку для важливих об'єктів народного господарства – в першу чергу – лінійних та об'єктів нафтогазового комплексу.

Прикладами техногенної активізації зсувів є зсуви в селах Раденичі і Загаї, зсув у межах автомобільної дороги Судова Вишня – Мостиська (рис. 1.20), активізація зсуву на східній околиці при виїзді із м. Старий Самбір на автодорозі Старий Самбір – Стрілки.

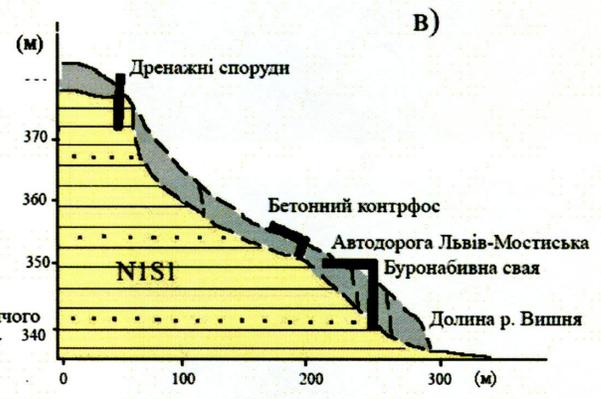
Гірськоскладчаста область Львівщини є найураженішою небезпечними геологічними процесами з високим ризиком активного розвитку зсувів, селів, обвалів та інших процесів. Переважна більшість зсувів у Карпатах є давніми і тимчасово стабілізованими. Зсуви розвиваються у флішових відкладах та повністю контролюються як літологічними особливостями флішу, так і структурно-тектонічними умовами території (рис. 1.21).



с. Раденичі
Об'єм порід, що зміщуються, до 4 млн. м³



С. Доляни
Об'єм порід, що зміщується, складає 0.3 млн. м³



с. м. т. Судова Вишня
Об'єм порід, що зміщується складає до 0.5 млн. м³

Розрізи типових зсувів схилів Сансько-Дністровського межиріччя і інженерні методи попередження їх катастрофічного прояву

Рис. 1.20. Зсуви схилів Сансько-Дністровського межиріччя



1



2



3



4



5



6



7



8

Рис. 1.21. Зсувні процеси в Скибових Карпатах

- 1 – верхня частина зсуву;
- 2 – пластичний зсув;
- 3 – тріщини заколу;
- 4, 5, 6 – зсуви пластичного типу;
- 7, 8 – опливини в делювії.

На основі генетичних комплексів порід, які є основним деформуючим горизонтом, виділяються дві групи зсувів.

1. Пластичні зсуви, розвинуті в делювіальних відкладах. За механізмом цей вид зсувів проявляється у вигляді м'якопластичних деформацій в межах усієї території досліджень складчастої області Карпат. Об'єм пластичних зсувів коливається від десятків тисяч метрів кубічних до 1,0 млн. м³. Активізація зсувів пластичного типу зумовлена, в першу чергу, режимом зволоження порід і режимом функціонування водоносного горизонту.

При техногенних змінах геологічного середовища пластичні зсуви можуть стати причиною активізації складних структурно-пластичних зсувів. Наприклад, у с. Гребенів у кар'єрі будівельних матеріалів пластичний зсув, який виник у делювіальних відкладах цього кар'єру викликав суттєву деформацію його бортів та загрозу виникнення грязекам'яного селю (1979 р.).

2. Структурні зсуви, як правило, досягають велетенських об'ємів (до 100 млн. м³) та контролюються відповідними структурно-тектонічними умовами, а також межами розповсюдження певних літолого-стратиграфічних комплексів. Найхарактернішим у цьому відношенні є зсув, розвинутий в межах с. Новий Кропивник. Об'єм зсувного тіла досягає 80 млн. м³. Слід відмітити також групу структурно-пластичних зсувів, які розвинуті переважно в межах схилів, верхня частина яких складена пісковиками з високими фізико-механічними показниками, а нижня частина складена відкладами глинистого флішу зі стійкими фізико-механічними показниками. Структурно-тектонічні зсуви – це зсуви, що характеризуються зміщенням верхньої частини у вигляді структурних, а нижньої – пластичних зміщень.

Всі зсувонебезпечні ділянки в межах Карпатської гірськоскладчастої області є потенційно небезпечними при техногенному навантаженні.

1.5.2. Геодинаміка карстового процесу

На значній території Львівської області існують всі умови для розвитку карстових процесів. Породи, що карстуються, розповсюджені в межах південно-

західного краю Східноєвропейської платформи (до 90 % території) і в Передкарпатському прогині (до 30 % території).

Основні закономірності розвитку карсту пов'язані з просторовим розповсюдженням порід, що карстуються, їх літологічним складом, потужністю покривних порід, ступенем і умовами водопроникності, умовами і взаємодією поверхневих і підземних вод на породи, що карстуються, а також з антропогенним чинником [26, 40].

Морфологія карсту різна – типові різні кари, лійки, западини, просадки, блюдця, котловини, пониження, карстові долини, яри, озера, понори. Найрізноманітніші карстові форми в активно розчинних сульфатних відкладах. На ділянках розповсюдження гіпсоангідритів кількість поверхневих форм карсту досягає 50–100 шт. на 1 км. Живлення карстових вод відбувається за рахунок атмосферних опадів.

Динаміка розвитку карсту добре спостерігається в зонах впливу сірчаних гірничодобувних підприємств. Рудні тіла в межах Передкарпатського сірконосного басейну пов'язані з вапняками тираської світи, що утворилися метасоматично по гіпсах. Блокова будова зони зчленування платформи і прогину визначає різну глибину залягання сірконосних вапняків. Тому, частина родовищ, що залягає на невеликій глибині, відробляється відкритим способом, а друга більш глибока – методом підземної виплавки. Перші родовища були відкриті в 50-х роках. За цей порівняно короткий час катастрофічний розвиток одержав техногенно активізований сульфатний карст у зонах Язівського, Розвадівського, Роздольського, Подорожненського кар'єрів.

Активний техногенний вплив обумовлений розчиненням гірських порід на значних площах, відкачки підземних вод з водопонижувальних свердловин по контуру кар'єру і з самого кар'єру, що формують депресійну лійку, зміни русел рік і створення додаткових дренажних систем, будівництво водосховищ, які забезпечують райони від затоплення, будівництво хвостосховищ технологічних комплексів з переробки сірки, залізниць, автодоріг, пульпопроводів, хвостопроводів тощо.

1.5.3. Геодинаміка ерозійних процесів

Розвиток ерозійних процесів спостерігається на всій території вивчення (додаток В). Найбільшого розвитку в регіоні здобули явища, пов'язані з діяльністю поверхневих вод. Характерними формами рельєфу, що створені їх діяльністю, є яри та балки. Розчленуванню ярами та балками підлягають переважно верхів'я річкових долин і прирічкові схили.

Яркова ерозія зумовлена, з одного боку, широким розповсюдженням покритих лесоподібних суглинків, а з іншого боку, довголітнім і досить інтенсивним техногенним пресом. За матеріалами аерофотознімання, частина ярів утворилась на місці колишніх доріг. Чітко спостерігається ерозія на існуючих дорогах [128, 129].

Яркова ерозія повсюдно і рівномірно поширена на всіх сільськогосподарських землях. На них розвинена і площинна ерозія. Площинний змив не спостерігається на заліснених територіях. Яркова і площинна ерозії часто розвинені на схилах водотоків.

Інтенсивні процеси донної та бокової ерозій на території Львівської області спостерігаються в основному по площі Передкарпатського прогину та Складчастих Карпат. Це басейни рік Дністер, Стрий, Опір та їх чисельні притоки (рис. 1.22).

Основні причини активізації процесів: частково або повністю відсутні берегові укріплення, використання водотоків для трельовання лісу, відбір гравійно-галечникового матеріалу з русел рік.

Найкатастрофічніші наслідки річкової ерозії спостерігаються в Старо-Самбірському районі: в с. Воля зруйновано сільську дорогу протягом 300 м уздовж ріки Крем'янка, в с. В.Лужок частково зруйновано дорогу і пошкоджено міст через річку Кільчин.

Через відсутність берегових укріплень р. Опір у районі Сколівського водозабору було зруйновано берег протягом 150 м і робочі свердловини опинились в безпосередній близькості від ріки (<20 м). При піднятті рівня води в ріці



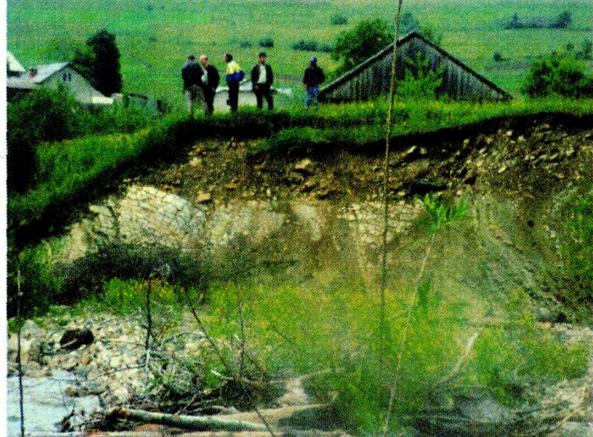
Права притока стр. Стинавка



с. Козьова стр. Орявчик ліва притока.



Стр. Сторонявка с. Сторона
Дрогобицького району



Стр. Сторонявка с. Сторона
Дрогобицького району



Стр. Кам'янка Сколівського району



Стр. Кам'янка Сколівського району

Рис. 1.22. Ерозійні процеси та їх наслідки у Карпатах (2004–2006 рр.)
(фото М.Д.Губка, П.І.Козака)

свердловини замулюються і вода в м. Сколе постачається невідповідної якості (рис. 1.23).

Також інтенсивна річкова ерозія спостерігається в с.с. Розлуч, Ясениця-Замкова, Лопушанка-Хомина, Стрільки, Бусовисько вздовж р. Дністер в Старо-Самбірському районі; с.с. Любинці, Конюхів, Ниж. Стинава вздовж р. Стрий Стрийського району; с.с. Коростів, Тернавка вздовж р. Опір в Сколівському районі.

1.5.4. Геодинаміка процесів підтоплення

Підтоплення – явище підняття рівнів ґрунтових вод (РГВ), яке призводить до надмірного зволоження ґрунтів, аж до повного насичення їх вологою і пов'язаних з ним істотних змін у довкіллі, порушення побутових умов життєдіяльності населення та господарської діяльності на цій території.

За причинами виникнення підтоплення поділяється на природне та техногенне. Техногенне підтоплення у Львівській області викликане інфільтрацією вод з водосховищ та інших штучних водойм, виходом з ладу насосних станцій, огорожувальних дамб дренажу та інших запобіжних споруд. У деяких випадках воно викликане здебільшого природними факторами, головнішими з яких є підняття річкових вод, старіння та виходу з ладу осушної мережі, затоплення паводковими водами (Т.М.Стахів та ін. 2006 р.).

Характерні особливості підтоплення земель та населених пунктів регіону:

1. Підтоплення в результаті природних факторів, зокрема велика інтенсивність атмосферних опадів (географічне розташування регіону в гірській і передгірській зонах Карпат, де річна кількість опадів складає 1500–1650 мм).

Важливим чинником підтоплення є незадовільний технічний стан осушувально-зволожувальної мережі та гідротехнічних спорудах.

Площа підтоплених земельних угідь на території Львівщини складає 11484 га на 1.10.05 рік. Частково або повністю підтоплено території біля 40 населених пунктів, що складає 126,6 га. Найбільше таких земель було в Бродівсь-

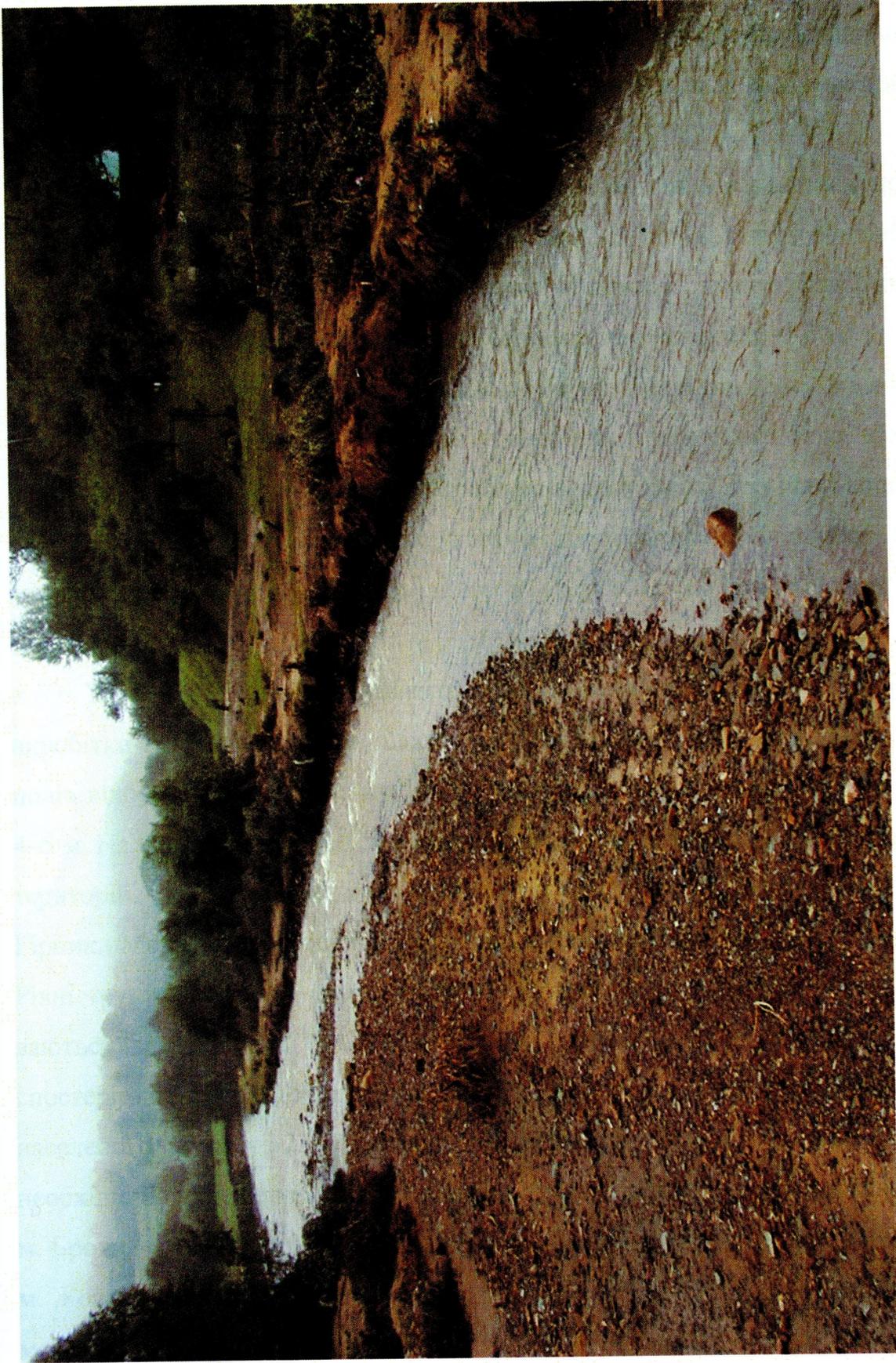


Рис. 1.23. Карпатська гірськоклядчаста область, р. Опір у межах м. Сколе після паводку в 2006 р.

кому (49,8 га) та Жовківському (44,4 га) районах. Кількість підтоплених садиб становить 211 шт.

2. Підтоплення обумовлене техногенною діяльністю промислових та гірничодобувних підприємств. Таких ділянок у межах області виділено три; загальною площею біля 70 км².

У районі північно-східної околиці м. Стебник відбувається просідання території (до 1 м) над гірничими виробками. В результаті чого відбувається підняття рівня ґрунтових вод і підтоплення на ділянці площею біля 1 км². Рівень ґрунтових вод у колодязях приватних господарств складає 0,6–1,0 м.

В околиці смт. Добротвір по лівому берегу Західного Бугу відмічено зону підтоплення площею біля 5 км², яка утворилася в результаті того, що ґрунтові води в долині ріки були “підперті” греблею водосховища технічної води від Добротвірської ДРЕС. А крім того і саме водосховище обумовлює живлення водоносного горизонту. Рівень води в колодязях на підтоплених ділянках складає 1–2 м.

У межах Червоноградського гірничопромислового району, в результаті виробітки вугільних пластів шахтами і утворення пустот, на ділянках шахтних полів відбувається просідання земної поверхні, що на даний момент досягнуло 4–5 м. На площі біля 62 км² відповідно відбувається підняття РГВ* і підтоплення територій. На них знаходяться міста Червоноград, Сокаль (частково) та села Гірник, Межиріччя, Соснівка, Волевин, Глухів, Бендюги, Сілець, Доброчин. Рівні ґрунтових вод у цих населених пунктах у залежності від сезону коливаються в межах від 0,2–0,3 м до 2,5–3,0 м. У межах відміченої території спостерігаються і затоплені ділянки. За даними ГУ МНС, на території цього населеного пункту 25 га площі потребують термінового захисту. Також необхідний інженерний захист наступних населених пунктів: м. Львів – 0,1 га; м. Броди – 425 га; м. Самбір – 2,5 га; м. Буськ – 1,8 га; м. Червоноград – 65 га; м. Жовква – 15 га; м. Рудки – 11 га; м. Ст. Самбір – 1,5 га; м. Бориня – 2,0 га; м. Турка – 36 га.

* Рівень ґрунтових вод

У межах Львова підтоплення проявляється в окремих ділянках. Причини підтоплення суто техногенні. В межах м. Львів воно викликане несправностями у водопровідній та каналізаційній мережах [135].

Підтоплення населених пунктів зумовлює руйнування будинків, теплових, водопостачальних та каналізаційних систем, різке погіршення якості водних ресурсів, зокрема питних підземних вод, значно погіршує санітарно-гігієнічний стан, оскільки нерідко каналізаційні відходи змішуються з ґрунтовими водами, які споживаються населенням.

1.6. Методологічні основи оцінки екологічної безпеки геологічного середовища у зв'язку з розвитком геологічних процесів

Геологічне середовище, як об'єкт дослідження, в межах ТПГ розглядається з позицій наступних основних ресурсних функцій.

1. Ресурсної, як мінеральної основи біосфери (ландшафтного комплексу літосферного простору). Кожен ландшафтний комплекс має свою міру вартості, яка змінюється в залежності від ресурсних, економічних та екологічних чинників.

2. Ресурсної, як корисних копалин для забезпечення сировинно-енергетичних проблем суспільства. Геологічне середовище є основним постачальником енергетичних ресурсів. Кожен тип корисних копалин має відповідну цінову вартість, включаючи чинники екологічної безпеки, яка характеризує рентабельність розробки родовища.

3. Ресурсної, як літосферного простору для будівництва інженерних споруд і комунікацій. З використанням геологічного простору, як ресурсу пов'язана значна кількість аварій і катастроф, обумовлених природними та техноприродними геологічними процесами [107].

Загальний стан екологічної безпеки в Україні є складним. Широке різноманіття чинників природного і антропогенного характеру спричиняють в подальшому ускладнення її стану. Це значною мірою впливає на довкілля та

призводить до погіршення умов життєдіяльності людей. Наведені обставини зумовлюють нагальну потребу комплексного вивчення та розв'язання проблеми екологічної безпеки техноприродних геосистем.

Одним із чинників оцінки екологічного стану геологічного середовища, в т.ч. і ресурсів надр, є питання екологічної безпеки в межах родовищ корисних копалин, які розробляються. В першу чергу – це проблеми оптимізації та реабілітації значних за площею територій, які знаходяться в зонах впливу гірничопромислових комплексів, частково або повністю відпрацьованих родовищ мінеральних ресурсів; стратегії природокористування при розробці родовищ корисних копалин, ліквідації гірничого виробництва та розробка сценаріїв використання надр у післяліквідаційний період.

Розроблені наукові та методичні основи екологічної безпеки геологічного середовища (рис. 1.24) [126].

Екологічна безпека геологічного і суміжних середовищ у межах техноприродних геосистем обумовлена типом ГС, механізмом та інтенсивністю розвитку природних і техноприродних геологічних процесів (геодинамічних, ландшафтно-геохімічних, гідрогеологічних, радіоекологічних, геофізичних), які визначають екологічну ємність та стійкість геологічного середовища до техногенних навантажень.

Екологічна безпека техноприродної геосистеми – це такий її стан у межах розрахункового періоду, який забезпечує функціонування системи в режимі, що виключає порушення гомеостазису. Такими властивостями характеризується будь-яка з геологічних систем: людина – геологічне середовище (техногенний об'єкт – геологічне середовище), які розглядаються як техноприродні геосистеми різного об'єму, функціонального призначення та оптимального періоду функціонування.

Якщо стан техноприродної системи параметризувати до головних її чинників, то вона набуде такого вигляду:

$$Kб(ТПГ) = \frac{W_{Pec}(t)}{[ГП]} \rightarrow KC \approx (V(P)/V(T)) , \quad (1.1)$$

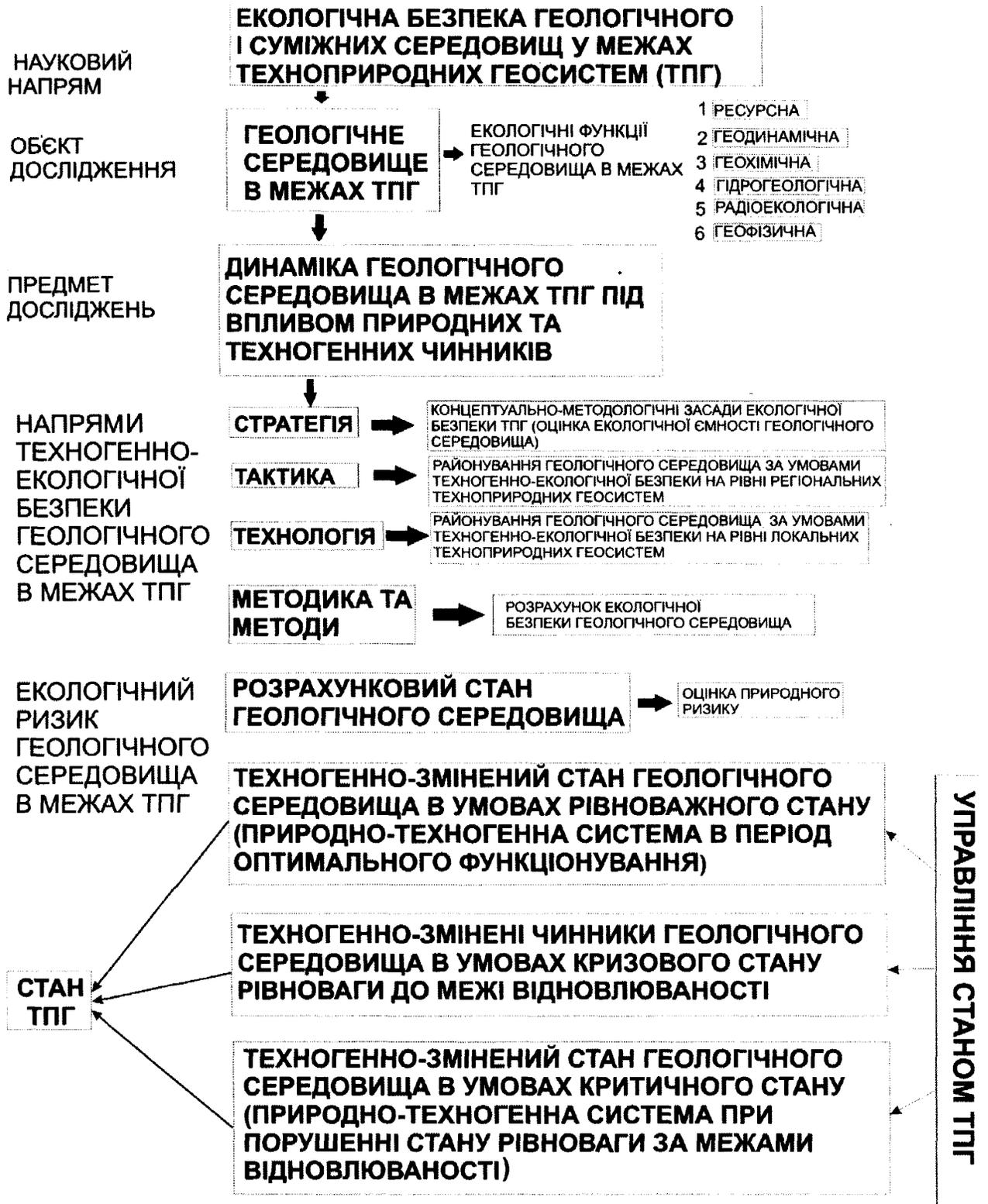


Рис. 1.24. Наукові та методичні основи техногенно-екологічної безпеки геологічного середовища

де $Kб$ – коефіцієнт екологічної безпеки; $W Res$ – вартість ресурсного потенціалу, в рамках відповідного часу (t); V – об'єм геологічного простору, який є просторовою складовою частиною геосистеми; P – природна організація геологічного середовища (тип геологічного середовища); T – техногенний вплив на геологічне середовище; $ГП$ – геологічні процеси в межах геосистеми та її стан в умовах оптимального функціонування; $КС$ – чинники критичного стану геосистеми; $V (P)$ – об'єм геологічного середовища, який знаходиться в межах природної організації геосистеми; $V (T)$ – об'єм геологічного середовища, який знаходиться в межах впливу техногенної складової геосистеми; $Res.$ – ресурсний потенціал геологічного і суміжних середовищ.

Наукові основи екологічної безпеки ТПГ базуються на наступних положеннях (формули 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) (Г.І.Рудько, 2005 р.).

Якщо формалізувати екологічну ємність геологічного середовища в межах ТПГ до рівня алгоритму, то вона може бути описана відношенням:

$$E = \frac{[V][LS][t][\Sigma P][\Sigma T]}{[Heod][Heox][Hidro][Rad][Heof]} \rightarrow RP, \quad (1.2)$$

де E – ємність геологічного середовища; $[V]$ – об'єм геологічного середовища (ГС); $[LS]$ – літолого-стратиграфічні комплекси геологічного середовища; $[t]$ – тектонічна організація геологічного середовища; $[\Sigma P]$ – природні умови і фактори стану геологічного середовища; $[\Sigma T]$ – техногенні умови і фактори стану геологічного середовища; $[Heod]$ – геодинамічні процеси; $[Heox]$ – геохімічні процеси; $[Hidro]$ – гідрогеологічні процеси; $[Rad]$ – радіоекологічні процеси; $[Heof]$ – геофізичні процеси; RP – рівновага системи.

Екологічна ємність геологічного середовища в межах ТПГ визначає його стійкість до впливу природних і антропогенних чинників. Стійкість геологічного середовища може бути формалізована до наступного алгоритму:

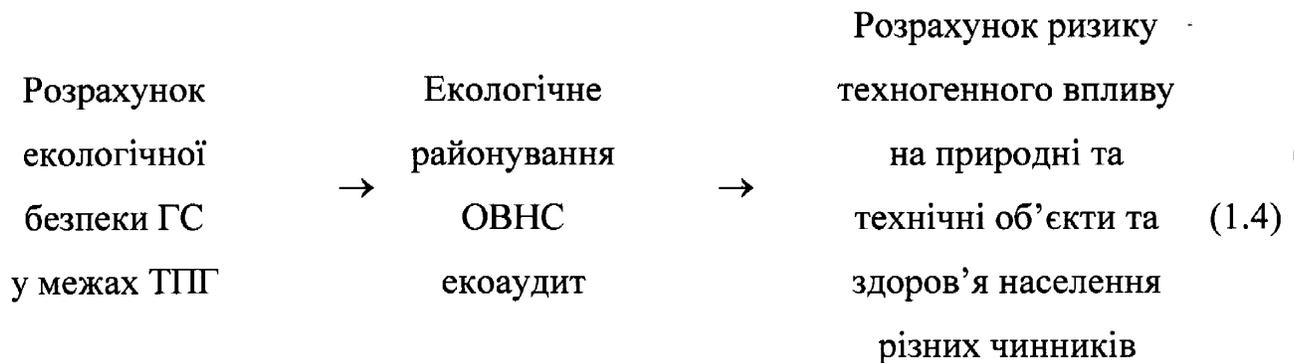
$$СГС = \Sigma \frac{[ПУП] + [ТУП]}{[ПСГС] + [ТЗСГС]}, \quad (1.3)$$

де $СГС$ – стійкість геологічного середовища; $[ПУП]$ – природні умови геологіч-

них процесів; [ТУП] – техногенні умови геологічних процесів; [ПСГС] – природна стійкість геологічного середовища; [ТЗСГС] – техногенно зумовлена стійкість геологічного середовища.

Екологічна безпека ГС у межах ТПГ визначається такими групами чинників: ризик техногенних аварій та катастроф; ризик впливу на організм забрудненого повітря; ризик впливу на організм забрудненої води; ризик матеріальних втрат при розвитку небезпечних геологічних процесів; ризик негативного впливу на організм ландшафтно-геохімічних, геофізичних та радіоекологічних процесів.

Розрахунок екологічної безпеки ГС у межах ТПГ зведено до матричної основи, яка реалізується наступними процедурами:



Результат оцінки ризику екологічного стану ГС у межах ТПГ полягає в розробці моделі управління екологічною безпекою ТПГ:

$$СУ = \Phi \cup B \cup П \cup O \quad (1.5)$$

де $СУ$ – система управління; Φ – функція управління; B – часовий етап управління; $П$ – частина керованого літосферного простору в межах ТПГ; O – організаційний рівень, \cup – знак співставлення [112, 119].

1.6.1. Геологічне забезпечення урядової інформаційно-аналітичної системи із надзвичайних ситуацій на регіональному рівні (сучасні екзогенні процеси)

В межах території України Львівська область відрізняється досить високою динамікою розвитку геологічного середовища. Аномальні за останні

роки гідрометеорологічні процеси (опади, повені тощо) посилили в цьому регіоні прояв екзогенних геологічних процесів, перш за все дуже небезпечних зсувних, карстових, селєвих тощо, що значною мірою ускладнило умови життєдіяльності населення. Таким чином, питання вивчення умов розвитку та розповсюдження НЕГП* набуло на цей час актуальності і стало в ряд першочергових і невідкладних. Виникло питання створення спеціалізованої системи нагляду та попередження за проявами ЕГП**. Розроблену урядом програму проектування і створення УІАС НС, яка є складовою частиною Національної програми інформатизації та Єдиної державної системи запобігання та реагування на аварії, катастрофи та інші НС, розпочато в жовтні 1995 року (згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 7 квітня 1995 р. № 250).

Впровадження УІАС НС необхідне у зв'язку з наступними обставинами:

Відсутність єдиної системи інформаційно-аналітичного забезпечення органів державного управління різних рівнів під час вирішення ними питань стосовно НС.

Не функціонувала чітка система моніторингу за станом великої кількості потенційно небезпечних об'єктів, на яких можуть виникнути НС.

Не було єдиної державної політики щодо застосування органами виконавчої влади сучасних інформаційних технологій та інтелектуальних систем підтримки у прийнятті рішень під час вирішення проблем, пов'язаних з НС.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів від 16.12.1999 р. № 2303 "Про створення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій" (УІАС НС) і Наказу Департаменту геології та використання надр Мінекоресурсів від 17.04.2000 р. № 19 геологічне забезпечення повинно забезпечувати подання інформації щодо можливості виникнення НС та прогнозування явищ, що пов'язані з небезпечними геологічними процесами. Згідно із завданням першочергових робіт, є створення баз даних на регіональ-

* НЕГП – небезпечні екзогенні геологічні процеси

** ЕГП – екзогенні геологічні процеси

ному рівні в масштабі 1: 200000, як основи бази даних державного рівня. Бази даних регіонального рівня створюються регіональними геологічними підприємствами за єдиною методичною основою, розробленою УкрДГРІ, а бази даних державного рівня – ДТІП "Геоінформ", на основі баз даних регіонального, територіального та об'єктового рівнів.

Оскільки кожне виникнення надзвичайної ситуації можливе внаслідок розвитку певного виду ЕГП, тому картографічне забезпечення УІАС НС на регіональному рівні виконується окремо для кожного виду процесів (зсувів, карсту, підтоплення тощо). Основними документами є пообласні карти районування за можливістю виникнення НС, що зумовлені проявом кожного виду ЕГП, які складаються в масштабі 1:200 000, що відповідає рівню картографічного забезпечення УІАС НС. Крім пообласних карт районування за можливістю виникнення НС, що зумовлені проявом зсувів, карсту, підтоплення регіонального рівня, складені карти видів господарської діяльності масштабу 1:200 000.

При комплексних дослідженнях екзогенних геологічних процесів особливе місце займав комплекс візуальних методів, а саме: рекогносцирувальні обстеження, комплексне спеціалізоване обстеження селевих басейнів, спеціальне інженерно-геологічне дослідження населених пунктів, роботи на ділянках 2 категорії з розвитком зсувних, карстових та ерозійних процесів тощо, що дало змогу з'ясувати причини та особливості катастрофічних активізацій, розробити рекомендації щодо їх стабілізації та безпечному проживанню населення. Результати проведення цих робіт дали змогу значно поповнити та оновити існуючі бази даних.

Дослідженнями встановлено, що активізація небезпечних екзогенних процесів пов'язана не тільки з геолого-геоморфологічними умовами, але і з погодно-кліматичними і техногенними. В результаті досліджень подано прогностичну оцінку розвитку екзогенних геологічних процесів, складені карти по окремих видах процесів та видані рекомендації щодо їх стабілізації та безпечному проживанню населення [119, 127, 128].

При обстеженні територій, де можливі надзвичайні ситуації екологічного характеру, проводилось опробування поверхневих і підземних вод. При проведенні комплексних досліджень екзогенних геологічних процесів особливе місце займав комплекс візуальних методів, а саме рекогносцирувальні обстеження, комплексне спеціалізоване обстеження ЕГП, спеціальне інженерно-геологічне дослідження населених пунктів, роботи на ділянках 2 категорії з розвитком зсувних, карстових та ерозійних процесів тощо, що дало змогу з'ясувати причини та особливості катастрофічних активізацій, видати рекомендації щодо їх стабілізації та безпечному проживанню населення.

При виконанні дослідження використано наступні нормативні документи:

MapInfo Professional. Посібник користувача. – MapInfo Corporation, Troy, New York;

Тимчасові методичні положення щодо геологічного забезпечення на державному і регіональному рівнях урядової інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій (УІАС НС) Сімферополь-Київ 2001р.;

Методичний лист з проектування й організації робіт з геологічного забезпечення УІАС НС;

Методичний лист № 1 "Основні розділи геологічного завдання щодо виконання робіт, пов'язаних зі створенням УІАС НС";

Методичний лист № 2 "Принцип, методика і технологія районування територій для оцінки можливості виникнення надзвичайних ситуацій, зумовленими екзогенними геологічними процесами";

Методичний лист № 4 "Загальні рекомендації щодо складання проектів на виконання робіт по забезпеченню УІАС НС";

Методичний лист № 5 "Щодо прогнозування активізації екзогенних процесів з метою геологічного забезпечення УІАС НС на державному рівні (пускова стадія);

Методичний лист № 7 Методичні положення щодо побудови часових рядів активізації екзогенних геологічних процесів (ЕГП);

Методичний лист щодо інженерно-геологічного довивчення території існуючого та потенційного підтоплення та картографування підтоплених територій;

Доповнення до методичної розробки "Тимчасові методичні положення щодо геологічного забезпечення на державному і регіональному рівнях урядової інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій (УІАС НС) Сімферополь-Київ 2001 р.";

Звітні матеріали інженерно-геологічної служби (екзогенні геологічні процеси) Сімферополь, 2005 р.;

Документація, Звіт про геологічне вивчення надр. Загальні вимоги до побудови, оформлення та змісту. ДСТУ 4068-2002.

У дисертації узагальнені всі ці матеріали.

1.6.2. Методичні основи екологічної безпеки техноприродних геосистем зсувонебезпечних територій

За роки незалежності Україна зазнала суттєвих матеріальних та людських втрат від зростаючого негативного впливу небезпечних геологічних процесів природного та техноприродного генезису. Суми прямих втрат відрізняються за методикою розрахунку, але, в цілому, становлять більше 500 млн. грн. Практично не реалізовано жодну з прийнятих програм інженерного захисту території від небезпечних природних і техноприродних процесів за останні роки. Так, наприклад, не розроблено схеми інженерного захисту території після катастрофічної активізації зсувів у Карпатському регіоні України в 1998–1999 р.р. за період, що пройшов після активізації, не проведено інженерно-геологічну розвідку та великомасштабне картування зсувонебезпечних територій [131, 132, 135].

Ще більшу тривогу викликає прихована загроза розвитку небезпечних геологічних процесів при відсутності системи моніторингу. Така ситуація склалася завдяки комплексу причин:

- 1) невиконання Державних та регіональних програм з розробки проти-зсувних заходів;
- 2) відсутності нормативних та методичних документів з розробки схем інженерного захисту від природних, техноприродних і техногенно-обумовле-них небезпечних геологічних процесів для території держави;
- 3) дефіциту державних коштів для фінансування досліджень з геоло-гічних і екологічних умов території для створення системи моніторингу та опе-ративного прогнозування розвитку небезпечних природних і техноприродних процесів з метою інженерного захисту території;
- 4) відсутності сучасних методів комплексної оцінки територій техно-генного впливу в межах зсувних геосистем;
- 5) недотримання норм і правил безпечного ведення господарської діяльності на зсувонебезпечних територіях;
- 6) недостатнє інформування населення про безпеку зсувів та проти-зсувні заходи, незадовільне роз'яснення правил і порядку ведення госпо-дарської діяльності на зсувонебезпечних територіях;
- 7) відсутність спеціалізованих підрозділів з боротьби з наслідками роз-витку зсувів та попередженню їх катастрофічного прояву.

На погляд автора, необхідно застосувати принципово новий підхід, який зможе не лише покращити методику прогнозу екологічної безпеки геологічного і суміжних середовищ і розробити більш надійну систему реагування на активізацію небезпечних природних і техноприродних процесів, а також дозво-лить на якісно новому рівні підійти до ефективного захисту й безпеки геоло-гічного середовища [31].

Загальні закономірності розвитку зсувного процесу в межах Львівської області обумовлені низкою природно-історичних факторів, які корелюються антропогенними змінами. При цьому, пропонується історико-генетичний підхід до проблеми, що дозволяє розглядати розвиток зсувного процесу в межах відповідних зсувних геосистем. Це дозволяє коректно підійти до проблеми та

спробувати виправити положення, яке склалося у зв'язку з освоєнням зсувонебезпечних територій.

Згідно з регіональним картуванням зсувів та створенням за цими роботами кадастру, в межах Львівської області виділено більше 1 290 зсувних геосистем. Руйнівна дія та значні економічні збитки від зсувів значною мірою обумовлені недоліками існуючої системи протизсувних заходів. Одним із важливих недоліків існуючої системи народногосподарського освоєння зсувонебезпечних територій є недостатнє врахування під час планування та здійснення господарської діяльності механізму та динаміки розвитку зсувного процесу.

Основними зсувоутворювальними факторами є: геологічні, геоморфологічні, гідрогеологічні та ландшафтно-кліматичні, на які накладається техногенна діяльність людини. Згідно з перерахованими вище умовами розвитку зсувного процесу, вже зараз в Україні є реальна можливість науково обґрунтованого передбачення зсувного процесу як у просторовому, так і при певних обмеженнях у часовому проміжках.

Розроблені нові підходи до проблеми інженерного захисту від зсувів, які базуються на принципово новій основі використання історико-геологічного методу, з метою прогнозування та оптимального народногосподарського використання зсувонебезпечних територій [30, 113, 114, 115].

Методологія інженерного захисту від зсувів. Враховуючи вкрай значне поширення зсувів у межах об'єкту дослідження, дуже актуальною є проблема методології інженерного захисту зсувонебезпечних територій.

Методика складання схем інженерного захисту території залежить від детальності розробки заходів щодо захисту від небезпечних геологічних процесів. Регіональні схеми складаються з метою інженерного захисту великих територій (області); спеціальні схеми – для захисту окремих районів і лінійних споруд, в основному, від одного основного процесу з урахуванням взаємозалежних з ним процесів (морське узбережжя, долина ріки). Детальні схеми застосовуються для захисту території міст.

Обґрунтуванням схем інженерного захисту є інженерно-геологічне районування з метою визначення типу і кількості необхідних захисних заходів. Районування здійснюється на основі дрібномасштабної зйомки з детальним вивченням опорних ділянок. На опорних ділянках визначаються основні закономірності розвитку небезпечних геологічних процесів і основні заходи інженерного захисту.

Регіональні схеми інженерного захисту міських територій повинні містити регіональний інженерно-геологічний прогноз розвитку парагенетичних типів природних і антропогенних процесів з визначенням об'ємів, інтенсивності і місця прояву. Результатом є карта районування території за ступенем схильності її до впливу геодинамічних процесів з використанням показників ураженості. На ній наносяться ділянки поширення основного процесу (з урахуванням механізму й інших особливостей прояву). При сполученні карт районування по окремих небезпечних процесах і карт інженерно-геологічного районування створюється комплексна схема інженерного захисту території.

Для складання регіональних схем використовуються матеріали аерофото-зйомок.

Спеціальні та детальні схеми складаються на основі інженерно-геологічної зйомки, причому детальність повинна забезпечувати можливість наступного проектування інженерного захисту в одну стадію (робочого проекту). Розробка спеціальних і детальних схем на опорних ділянках повинна проводитися разом з вивченням особливостей розвитку геологічних процесів і натурними режимними спостереженнями за небезпечними процесами і факторами, що впливають на їхній розвиток.

Для обґрунтування схем необхідно одержати локальні прогнози розвитку геологічних процесів (місце, обсяг, час активізації) і взаємодії цих процесів для вибору оптимального варіанта системи інженерного захисту, розміщення будинків і споруд і т.д.

Основні принципи реалізації захисних заходів. Пропонується наступний комплекс заходів і стратегічних підходів з метою стабілізації процесу та виключення деформацій і руйнування інженерних споруд та комунікацій.

Протизсувні заходи поділяються на дві групи – превентивні та активні:

Превентивні заходи. До превентивних відносяться наступні заходи:

Зміщення об'єкту будівництва на територію, яка знаходиться під впливом потенційного або існуючого зсуву.

Якщо перенесення ділянки будівництва неможливе, тоді розраховуються варіанти інженерного захисту, який базується на наступних показниках превентивного характеру.

До превентивних заходів відносяться також наступні:

- заборона підрізки зсувних схилів і проведення будь-яких виїмок на них;
- заборона будівництва на схилах інженерних споруд, ставків, водоймищ, об'єктів із значним водоспоживанням без виконання конструкторських заходів, які б повністю виключали втрату води в зсувні маси;
- заборона проведення вибухів і гірських робіт поблизу зсувних ділянок;
- обмеження, в необхідних випадках, швидкості руху залізничних потягів у зоні, яка примикає до зсувної ділянки;
- охорона дерево-чагарникової й трав'янистої рослинності;
- заборона неконтрольованого поливу земельних ділянок, а інколи і їх оранки;
- заборона встановлення водопровідних колонок і постійного водопроводу без облаштування каналізації;
- недопущення на зсувні схили зливної, талої, стічної й іншої води;
- залісення зсувних територій.

Здійснення охоронно-обмежувальних протизсувних заходів, не пов'язаних з будівництвом інженерних споруд і проведенням трудомістких робіт.

Разом із тим, очевидно, що ефект від цих заходів може бути одержаний тільки через деякий час, але їх проведення необхідно більшою мірою, ніж

активних. Як альтернативне може бути прийнято рішення про *зміну місця будівництва* житлових і лінійних інженерних споруд.

У випадках, коли перенесення наміченого або побудованого в зсувонебезпечному районі об'єкта є неможливим, застосовуються активні заходи захисту. До них слід віднести такі протизсувні заходи, проведення яких вимагає налагодження певних інженерних споруд, які спрямовані на усунення активних причин, що викликають зсуви на схилах [84, 138, 139].

Активні заходи. Активні заходи боротьби зі зсувами засновані на двох основних принципах:

- 1) зменшення зсувних сил та 2) збільшення утримуючих сил.

Зменшення зсувних сил. Оскільки стійкість схилів залежить від умов рівноваги зсувних та утримуючих сил, проектування навантаження на схил слід вести в напрямку забезпечення належного запасу стійкості проти сил, що викликають зміщення ґрунту. Зсувні зусилля мають переважно гравітаційний характер і залежать від маси ґрунту та води, що в ній вміщується.

Способи зменшення зсувних сил можна поділити на наступні групи:

- а) **заміна напрямку та профілю схилів**

На початковій стадії проектування будівельних робіт доцільно проводити *заміну напрямку та профілю схилів*.

- б) **зменшення ваги нестійких мас за рахунок їх видалення і осушення.**

Видалення нестійких мас ґрунту. Цей варіант вважається економічно вигідним при видаленні невеликих об'ємів слабких ґрунтів, що залягають на незначній глибині.

Іншим способом зменшення зсувних сил є часткове розвантаження тіла зсуву шляхом видалення з його верхньої частини достатньої кількості ґрунтових мас (*зменшення маси*) із метою підвищення стійкості зсуву. Треба відмітити, що це рішення некоректно для великих або пластичних зсувів. Доцільність заходів з розвантаження зсувного схилу слід розглядати з економічної точки зору. Проект названих заходів має містити оцінку стійкості схилу, розташованого за межами ділянки, наміченої до видалення мас ґрунту. Проектуючи

протизсувні заходи, слід розглядати питання про переміщення вийнятого ґрунту та можливість видалення всієї зсувної маси.

в) **дренаж**. З усіх можливих заходів щодо укріплення схилів з існуючими та можливими зсувами найважливішим є *дренаж*, який сприяє зменшенню ваги нестійких мас і зміцненню ґрунтів, що складають відкоси. Відповідний дренаж поверхневих вод необхідний як для тільки закладених, так і для старих укосів, у яких почалися зміщення. Оцінюються поверхневі води, які стікають по укосу та ті, що інфільтруються в ґрунт. Ці два процеси викликають ерозію на поверхні укосу та сприяють виникненню оплинин. Для боротьби з ерозією в районах із значними атмосферними опадами широко застосовуються відвідні канали та дренажні споруди. Обробка схилу може бути виконана різноманітними способами, наприклад, засів або покриття схилу дерном, застосування торкретбетону, кам'яного покриття, бетонного облицювання, укладення схилу бетонними плитами. Для попередження інфільтрації доцільно створювати асфальтове покриття схилів. Усі ці способи боротьби з поверхневими водами стають особливо ефективними в сукупності з підземними дренажними спорудами. До них відносяться: горизонтальний дренаж, вертикальні дренажні колодязі та свердловини, дренажні тунелі тощо. Ефективність і можливість застосування різних типів підземних дренажних споруд залежать від геологічних і кліматичних умов. У багатьох випадках для попередження виникнення нових зсувів і боротьби з існуючими зсувами застосовують повний або частковий відвід підземних вод. Необхідно відмітити ефективність використання вертикального дренажу в комплексі з дренажними спорудами на прикладі центральної частини м. Чернівці. Реалізація цього комплексу дозволила виконати заходи щодо стабілізації зсуву, який протягом 30 років експлуатації споруди знаходиться в стабільному стані. Крім цього, дренажні галереї є в м. Київ та Одеса.

Збільшення утримуючих сил. Способи збільшення утримуючих сил, поділяються на дві групи:

а) **прикладання зовнішніх сил** (контрфорси або утримуючі призми, палеві та анкерні пристрої) балансування зсувних навантажень за допомогою сил,

прикладених із-зовні або протидія ним. На схилі з неглибокими зсувами доцільно *перекривати ділянки дороги мостом* або іншими спорудами, що спираються на палі, занурені на достатню глибину нижче підошви нестійких ґрунтів. Якщо опори проходять крізь товщу нестійких порід, палі мають бути запроектовані з розрахунком бокового тиску цих порід. Слід відноситися з певними застереженнями до реалізації буронабивних паль у межах зсувних ділянок Карпатського регіону, оскільки в багатьох випадках вони формують у зоні контакту з корінними породами складну систему тріщинуватості та втрати міцності порід, формуючи потенційно ослаблену зону.

Проектуючи контрфорси або утримуючі призми для забезпечення стійкості схилу, як правило передбачають нагромадження достатнього об'єму насипних мас у підошві нестійкого масиву ґрунту, який може запобігти його подальшому переміщенню. Контрфорс проектується таким чином, щоб збільшити утримуючі сили поблизу підошви схилу до розмірів, що забезпечують відповідний коефіцієнт запасу стійкості. В багатьох міських районах спорудження утримуючих насипних призм для укріплення схилів здійснити неможливо. В цих випадках конструюють запобіжні огороження з вертикальних паль великих діаметрів. Одним із видів використання захисних споруд є підпірні стінки.

В низці випадків основним принципом роботи захисних споруд є передача зусиль на достатньо міцну породу, що залягає за межами зсуву з використанням анкерних відтяжок. Останні можуть являти собою попередньо напружені троси, шланги, анкери тощо.

б) заміна властивостей ґрунтів – зміцнення ґрунтів (підземний дренаж, хімічна обробка, електроосмос, термічна обробка тощо).

Метод хімічної обробки ґрунту полягає в обробці глинистих мінералів у зоні можливих зсувів концентрованим хімічним розчином. Склад розчинів залежить від мінералогічних особливостей глинистих частинок у ґрунті та гідрогеологічних умов зсувного масиву. В результаті застосування такого методу міцність ґрунту на зсув може збільшитися на 200–300 %. Електроосмос є одним із способів за допомогою якого вдається ефективно збільшити міцність

грунту на зсув у натурних умовах. Цим способом викликається міграція порової води в ґрунті між установленими в ньому електродами. Втрата порової води приводить до консолідації ґрунту, і як наслідок, до збільшення фільтраційних параметрів ґрунтів. Головна мета, яка досягається при термічній обробці ґрунту, під дією високих температур – ґрунт в укосах підтримується постійно сухим.

Основні випадки застосування активних протизсувних заходів наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Активні причини, що викликають зсув	Методи захисту	
	Заходи	Технологія робіт із захисту від розвитку зсувного процесу
Зміна напруженого стану глинистих порід (перепад тиску)	Виположення схилів	Зняття земляної маси у верхній частині укосу і її укладка у підніжжя для привантаження у місці очікуемого випирання
Підземні води	Перехоплення підземних вод вище зсуву	Горизонтальний і вертикальний дренажи, суцільна прорізь, дренажна галерея, горизонтальні свердловини – дрени. Вертикальний дренаж – забивні й наскрізні фільтри, колодязі
Поверхневі води	Захист берегів від абразії	Хвилевідбійні стінки. Хвилеломи пересувні та підводні. Буни. Завіз пляжного матеріалу
	Захист берегів від бокової ерозії	Вимощення укосу. Камінна накидка. Геотекстиль, габіони
Атмосферні опади	Регулювання поверхневого стоку	Мікропланування. Лотки, кювети, канави, швидкостоки, доріжки
Вивірення	Захист ґрунтів поверхні схилу	Дернування, сіяння трави, насадження дерев. Заміна ґрунту. Ізоляція поверхні
Сукупність низки активних причин	Механічний опір земляних мас	Підпірні стінки. Паляві ряди, шпунти. Земляні контрбанкети. Заміна ґрунтів поверхні ковзання (рис. 1.20, 1.25)
	Заміна фізико-механічних властивостей ґрунтів	Підсушка і високотемпературна термічна обробка глинистих ґрунтів, електромеханічне закріплення ґрунтів.

продовження таблиці 1.2

Обмеження техногенної діяльності людини	Спеціальний режим у зсувній зоні	Збереження схилів в стійкому стані, обмеження будівельних робіт. Суворий режим експлуатації технічних споруд.
Втрати з водопровідної і каналізаційної мережі	Забезпечення підвищеної надійності	В зсувній зоні трубопроводи прокладаються з труб більш міцних матеріалів, або в “сорочці”

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Виконаний огляд стану проблеми. Визначено, що на сьогоднішній день немає науково обґрунтованої методології щодо оцінок ризиків розвитку небезпечних геологічних процесів у межах техноприродних геосистем, з метою їх страхування та оперативного і довгострокового запобігання.

2. Проаналізовано та узагальнено фактичний матеріал щодо організації геологічного середовища Львівської області. Виділені гірськоскладчастий, перехідний та платформний типи геологічного і суміжних середовищ у межах відповідних техноприродних геосистем.

3. Досліджені умови і фактори розвитку небезпечних геологічних процесів та їх геодинаміка (зсуви, карст, ерозія, підтоплення).

4. Обґрунтовані методологічні основи оцінки екологічної безпеки геологічного середовища у зв'язку із природними та техногенно зумовленими чинниками розвитку небезпечних геологічних процесів.

Визначені умови геологічного забезпечення урядової інформаційно-аналітичної системи реагування на надзвичайні ситуації регіонального рівня.

5. Розроблені методичні основи екологічної безпеки техноприродних геосистем зсувонебезпечних територій.

- 1 – Зсуви пластичного типу. Інженерний захист – лісомеліорація, дренажні споруди, об'єм до 1-2 млн. м³.
- 2 – Зона формування структурно-пластичного зсуву, об'єм до 80 млн. м³.

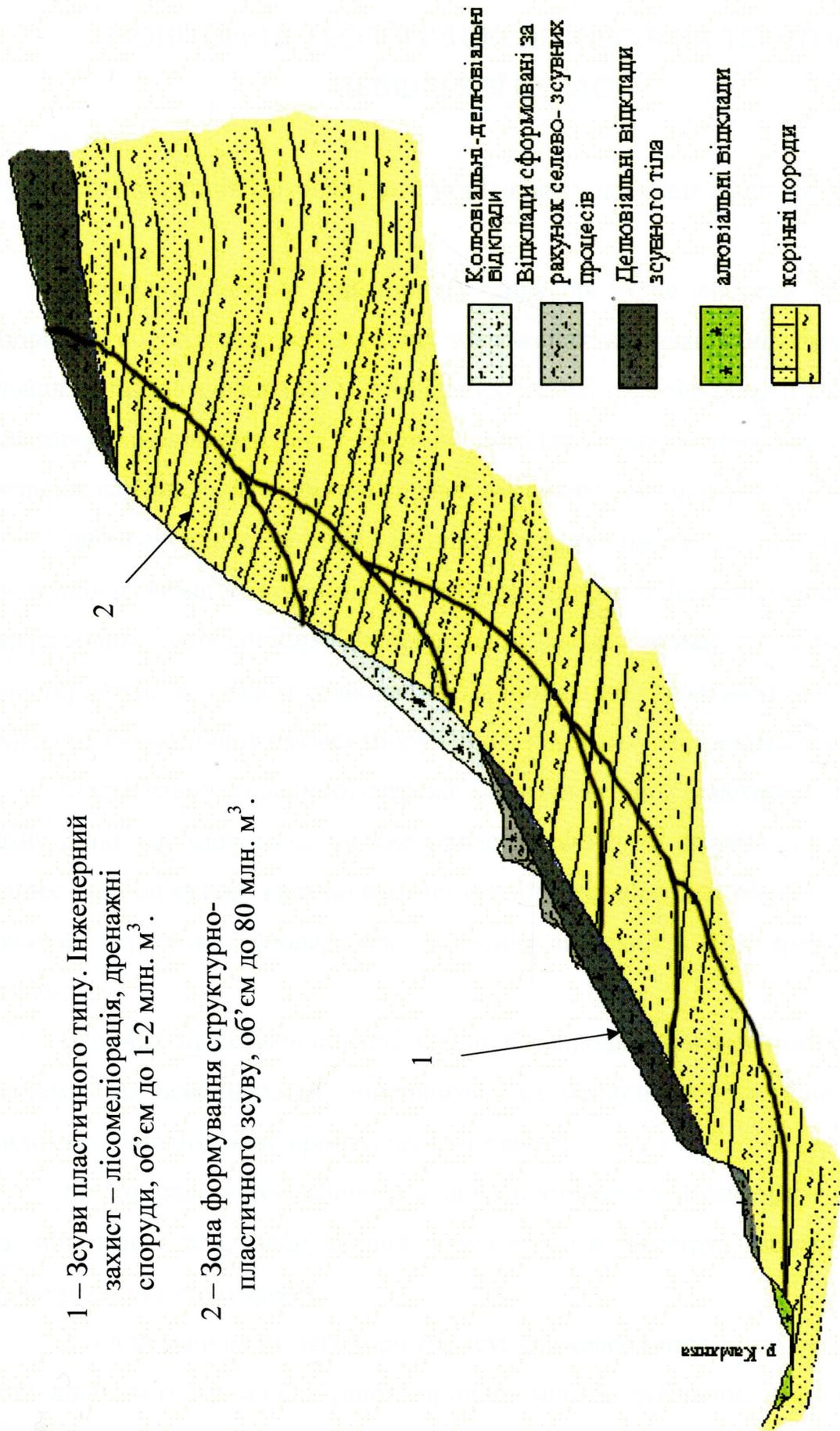


Рис. 1.25. Схематичний інженерно-геологічний розріз зсувного схилу в долині р. Кам'янка.

РОЗДІЛ 2

МОНІТОРИНГ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Концепція регіонального моніторингу довкілля Львівщини

Державна система моніторингу довкілля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рішень для запобігання негативних змін стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки, не включаючи завдань управління якістю довкілля [127, 128].

Забезпечення організації та надійного функціонування системи моніторингу довкілля вимагає запровадження та постійного здійснення довгострокових, оперативних, періодичних, екстремальних, комплексних та покомпонентних спостережень за станом довкілля як у природних (фонових) умовах, так і в сучасних економічних умовах (порушених, кризових, екстремальних).

Формування первинної мережі моніторингових спостережень на обласному рівні має опиратись на вже існуючу (діючу чи згорнуту) систему збору даних та обов'язково враховувати існуючий стан довкілля області. В районах з високим ступенем господарського освоєння детальність спостережень має бути вищою.

В межах Львівської області, в силу її природно-географічних та соціально-економічних особливостей, доцільними і необхідними є наступні пріоритетні види екологічного моніторингу, які пов'язані з:

1 – природно-географічним положенням області (моніторинг поверхневих та підземних вод, забруднення атмосферного повітря, біорізноманіття на прикордонних територіях);

2 – існуванням на території області кризових екологічних районів, які є в зоні діяльності гірничодобувної, гірничохімічної, вугільної, нафтогазової промисловості (моніторинг геологічного середовища, екзогеодинамічних техноген-

них процесів земної поверхні, забруднення поверхневих та підземних вод і атмосфери; біогенетичний моніторинг);

3 – існуванням на території області малозмінених (ландшафтний моніторинг) та первісних природних територій – заповідників, Національних парків, інших заповідних об'єктів (фоновий моніторинг на базі існуючого природно - заповідного фонду);

4 – функціонуванням великих міст та промислових центрів, міжнародних транспортних коридорів та пунктів пропуску через Державний кордон, функціонуванням державного значення курортно-санаторних регіонів (урбо-моніторинг);

5 – проявами стихійних та небезпечних явищ – повеней, паводків, снігопадів та ураганних вітрів (оперативний кризовий моніторинг);

6 – станом земельних угідь та їх деградацію, викликаних проведенням осушувальної меліорації та нераціональним землекористуванням (моніторинг ґрунтів);

7 – станом поверхневих вод, малих річок та якістю питної води (моніторинг поверхневих та підземних вод);

8 – станом та раціональним використанням і охороною лісів (моніторинг лісів та мисливської фауни).

Метою запровадження цих видів моніторингу є:

- створення інформаційно-аналітичної основи для прийняття управлінських рішень як на обласному, так і на місцевому рівнях, особливо в галузі раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки;

- забезпечення органів виконавчої влади оперативною інформацією про стан довкілля регіону;

- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів і широкого інформування громадськості про ефективність їх здійснення;

- сприяння розвитку міжнародного співробітництва в галузі охорони довкілля.

2.2. Моніторинг геологічних процесів

На сучасному рівні під моніторингом геологічного середовища розуміється система регулярних спостережень, збору, накопичення, обробки і аналізу інформації, оцінки стану геологічного середовища і прогнозу його змін під впливом природних чинників, надрокористування та інших видів господарської діяльності. Моніторинг геологічного середовища є складовою частиною (підсистемою) загальної системи моніторингу довкілля [120, 132].

В Україні виконання моніторингу геологічного середовища здійснюється відповідно до Закону України про охорону навколишнього природного середовища. Цільовим призначенням моніторингу геологічного середовища є забезпечення збору, обробки, збереження і аналізу інформації про стан геологічного середовища, ресурсів, прогнозування змін ГС та розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень.

Під геодинамічним моніторингом ми розуміємо систему постійних спостережень, оцінки, прогнозу і управління процесонебезпечними територіями, що проводяться у межах різнорангових природно-технічних систем (ПТС).

Об'єктом моніторингу є природні, природно-антропогенні та антропогенні геодинамічні процеси, що розвиваються у межах різнорангових природно-технічних систем [6, 8, 9, 10].

Головним завданням системи геодинамічного моніторингу є мінімізація інженерного ризику та підвищення рівня екологічної безпеки на території області.

Принципи довгострокового спостереження за ендогенними геологічними процесами полягають у використанні різного класу точності сейсмічних станцій, пов'язаних в єдину мережу, розташованих на ділянках, де в історичному минулому відбувались землетруси.

У комплексі з аерокосмічними дистанційними методами ця багаторічна інформація може використовуватись для прогнозування землетрусів і сучасних тектонічних рухів.

Найвартіснішим способом довгострокових спостережень є режимна оцінка сейсмічних параметрів літосфери за допомогою гідрогеодеформаційного поля Землі шляхом буріння спеціалізованих гідрогеологічних свердловин на глибокі водоносні горизонти.

З точки зору сейсмічної небезпеки території Львівської області то вона досить помірною і має місце з огляду на історію прояву цих процесів, переважно в зонах контакту різних тектонічних структур та перетину розломних зон, однак, при техногенних змінах геологічного середовища сейсмічність будь-якої ділянки може суттєво зростати на один два бали за шкалою Ріхтера [12, 21].

Все це обумовлює актуальність довгострокових спостережень за ендегенними геодинамічними процесами.

Основою ведення моніторингу екзогенних геологічних процесів є вивчення режиму екзогенних геологічних процесів і факторів, що їх обумовлюють. Необхідно відмітити, що дані про режим факторів екзогенних геологічних процесів отримуються як на основі спостережень в системі Державної служби гідрометеорології, так і на спеціально обладнаних пунктах у складі опорної мережі, що організується (рівні підземних вод, вологість і щільність порід, потужність снігового покриву та ін.).

Основною метою моніторингу небезпечних геологічних процесів є інформаційне забезпечення органів виконавчої влади Державною геологічною службою щодо прояву та стану екзогенних геологічних процесів для обґрунтування заходів щодо запобігання або ослаблення їх негативних наслідків.

Виконання цієї мети досягається шляхом створення єдиної системи збору, обробки і зберігання інформації. У зв'язку з поставленою метою ця інформація повинна забезпечити [119]:

- оцінку стану і прогноз розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів;
- оцінку небезпеки екзогенних геологічних процесів і визначення ризику їх впливу на населені пункти та інші господарські об'єкти;

- інформаційне забезпечення запитів про стан екзогенних геологічних процесів і небезпеки, яку вони складають для життя людей і господарських об'єктів;

- розробку рекомендацій щодо запобігання або послаблення негативних наслідків від екзогенних геологічних процесів;

- оцінку ефективності захисних заходів від екзогенних геологічних процесів.

Інформація моніторингових спостережень вміщує такі відомості про екзогенні геологічні процеси:

- 1) місце і час прояву екзогенних геологічних процесів;

- 2) генетичні особливості та розміри прояву екзогенних геологічних процесів;

- 3) фактори, що обумовлюють їх розвиток: постійні (рельєф, геологічна будова, тектоніка), повільно плинні (сучасні кліматичні рухи, клімат, гідрогеологічні умови, рослинність, ґрунти), швидкоплинні (гідрометеорологічні умови: атмосферні опади, кількість і режим їх випадіння, температура повітря, витрати води в річках, рівень води у водосховищах і морях, коливання і рівень ґрунтових вод, вологість гірських порід, техногенний вплив та ін.);

- 4) населені пункти, що знаходяться в зоні впливу НГП і ступінь ураженості цими процесами;

- 5) прогноз і підтвердження короткострокових і довгострокових прогнозів;

- 6) спостережна мережа (наявність ділянок різних категорій, просторове розміщення пунктів спостережень, стан спостережної мережі).

Пропонована система моніторингу відкрита як для концептуальної, так і практичної ув'язки з елементами моніторингу інших складових довілля області.

В основу просторової організації моніторингу покладено три основні принципи: репрезентативності, пріоритетності та стадійності.

Згідно з принципом репрезентативності, система пунктів отримання інформації повинна охоплювати, з одного боку, всі відомі на території області процеси, з іншого – основні групи природних та антропогенних умов у яких вони

розвиваються. У межах області зокрема виділяються три великі природні таксо-ни: Східноєвропейська платформа (її південно-західні околиці), Передкарпатський крайовий прогин та гірська система Карпат, які репрезентують різні геоморфологічні та геолого-гідрогеологічні умови розвитку процесів, і значною мірою переважаючі типи господарського використання територій.

Враховуючи те, що збиткоутворювальна роль різних геодинамічних процесів неоднакова, вести моніторинг слід перш за все за процесами, які створюють загрозу життю людей і функціонування соціально-економічних об'єктів та природних геосистем. До таких процесів необхідно віднести сульфатний, соляний меншою мірою карбонатний карст, зсуви, ерозію, просідання територій, підтоплення [132] (додаток Л).

Формування систем моніторингу повинно здійснюватись у декілька стадій. У першу чергу моніторингова мережа повинна створюватися на територіях потужного антропогенного впливу на геологічне середовище і найінтенсивнішого розвитку процесів, де їх прояви вже завдають шкоди господарським об'єктам, або існує реальна загроза заподіяння такої шкоди. В останню чергу моніторинг організовується на ділянках "фонового" природно-історичного розвитку процесів.

Загострення геодинамічної ситуації останнім часом на урбанізованих територіях області вимагає спрямувати зусилля перш за все на створення моніторингу в містах. Зокрема, такі полігони повинні бути організовані у Львові і репрезентувати розвиток небезпечних геологічних процесів у межах Східноєвропейської платформи, Трускавець-Дрогобич-Борислав-Стебницької агломерації і Мостиськах (Передкарпатський крайовий прогин), Старому Самборі та Сколе (Зовнішні Карпати), Турці та Орові (Внутрішня зона Карпат).

Враховуючи вимоги практики, вітчизняний та зарубіжний досвід моніторингові спостереження слід вести на різних рівнях організації геологічного середовища:

– регіональному (інженерно-геологічні області) у масштабі 1:200000–1:100000;

- локальному (інженерно-геологічні райони) у масштабі 1:50000–1:10000;
- детальному (інженерно-геологічні ділянки) у масштабі 1:5000–1:200.

Число рівнів геодинамічного моніторингу повинно відповідати числу рівнів природно-технічних систем досліджуваної території.

Передбачена концепцією моніторингова мережа повинна формуватися на базі вже діючої, головним чином за рахунок розвитку локальної та детальної мереж. Крім того, вона повинна максимально корелювати з пунктами спостережень інших типів моніторингу.

Основу системи геодинамічного моніторингу складає стаціонарна режимна мережа полігонів. Вибір ділянок для їх розташування проводиться на основі аналізу просторово-часових закономірностей розвитку процесів, умов та причин їх розвитку.

Виходячи із розмірів полігонів, завдань і масштабів спостережень на них, полігони поділяються на: регіональні, локальні і детальні [88].

На регіональних геодинамічних полігонах дослідження ведуться з метою виявлення регіональних закономірностей та динаміки розвитку процесів, а також визначення впливу на їх розвиток природних та антропогенних чинників регіонального масштабу. При цьому використовуються, як правило, дистанційні методи спостережень (аерофотозйомка, космічна зйомка тощо), а також маршрутні спостереження відповідного масштабу [90].

На локальних геодинамічних полігонах оцінюється стан досліджуваних ділянок, вивчається механізм та динаміка розвитку процесів, вплив на них природних і техногенних чинників локального масштабу. Провідну роль відіграє наземне та аеровізуальне обстеження полігонів.

На детальних (чи спеціальних) полігонах досліджуються механізм та динаміка розвитку процесів (як правило, окремих їх типів) під впливом певного виду антропогенного навантаження. Для отримання інформації використовується широкий спектр технічних засобів як наземного, так і підземного контролю, а також великомасштабні маршрутні обстеження.

Режимні спостереження в системі моніторингу здійснюються за найчутливішими індикаційними показниками, що репрезентують динаміку процесів і стан природно-технічних систем.

Режим спостережень визначається особливостями та швидкістю розвитку того чи іншого процесу і може бути річним, сезонним чи постійним.

Система геодинамічного моніторингу повинна включати такі основні функціональні підсистеми [114]:

1. Підсистему контролю.
2. Підсистему моделювання і прогнозу.
3. Підсистему управління.

Перша підсистема забезпечує отримання і надходження необхідної режимної інформації.

Друга підсистема включає такі три основні блоки:

- інформаційно-пошуковий блок, що забезпечує зберігання і пошук режимної інформації;
- блок автоматизованої обробки інформації, який здійснює цілеспрямовану обробку результатів спостережень;
- прогнозно-діагностичний блок, що забезпечує побудову і функціонування різномасштабних постійно діючих картографічних моделей і виконання перманентних прогнозів.

Підсистема управління вирішує оптимізаційні завдання. Вона функціонує на основі використання прогнозних оцінок і здійснює розробку сценаріїв взаємодії у системі людина – геодинамічні процеси та формування стратегії, тактики і технології управління процесонебезпечними територіями.

Функціонально вищезгадана інформація, яка отримується в результаті довгострокових спостережень трансформується в системі моніторингу за схемою (рис. 2.1).

Виходячи з поставленої мети, інтерпретація цих спостережень спрямована на виявлення просторово-часових закономірностей поширення геодинамічних процесів, визначення основних чинників і механізму їх розвитку, прогноз дина-

міки. Головною концептуальною ідеєю геодинамічного моніторингу є створення постійно діючих картографічних моделей різного масштабу, що реалізуються на персональних комп'ютерах.



Рис. 2.1. Схема системи моніторингу геологічних процесів

Отримана в процесі моніторингу інформація повинна відображати поточний стан і прогнозні оцінки сценаріїв розвитку різнорангових природно-технічних систем, забезпечувати можливість виділення ділянок з різною геодинамічною обстановкою, вміщувати набір планувальних, технологічних та

інших обмежень, спрямованих на пом'якшення геодинамічної напруги та інші дані, необхідні для прийняття управлінських рішень.

Форма подачі інформації та її зміст визначається характером її використання і споживачем.

Базову основу пропонованої системи геодинамічного моніторингу складає існуюча мережа спостережень за геодинамічними процесами, які здійснюються на території області перш за все підрозділами Держкомгеології, Держкоммістобудування, Мінводгоспу, Держкомземом, підприємствами нафтогазового комплексу, гірничодобувними підприємствами тощо. Але існуюча система не відображає належним чином умов та чинників розвитку процесів, і тому потребує вдосконалення.

Оптимальний варіант державної системи геодинамічного моніторингу області може бути створений за рахунок істотного розширення та модернізації існуючого організаційного каркасу мережі спостережень.

Організаційна інтеграція існуючої системи потребує її попередньої інвентаризації, в ході якої виявляються основні параметри існуючих мереж, їх технічний, методичний та фаховий рівні.

На основі даних інвентаризації здійснюється модернізація існуючих систем, забезпечується єдиний науково-методичний підхід до ведення спостережень, формування баз даних, розробки прогнозних оцінок, сценаріїв розвитку природно-техногенних систем (ПТС) та подачі результатів моніторингу.

На основі даних інвентаризації здійснюється модернізація існуючих систем, забезпечується єдиний науково-методичний підхід до ведення спостережень, формування баз даних, розробки прогнозних оцінок, сценаріїв розвитку ПТС та подачі результатів моніторингу.

Важливим елементом організаційної структури геодинамічного моніторингу є його науковий супровід. На початковому етапі формування моніторингу він може здійснюватись через державне управління екобезпеки у Львівській області на основі договорів між суб'єктами моніторингу і науковими установами

чи окремими фахівцями. У перспективі, враховуючи складність об'єкту досліджень, доцільно створення регіонального центру геодинамічного моніторингу.

2.3. Принципи здійснення прогнозу змін стану навколишнього середовища

Прогноз стану навколишнього природного середовища полягає в науковому передбаченні довгострокових, середньострокових, короткострокових та оперативних змін довкілля. Принциповою базою прогнозування екологічного стану довкілля є комплекс моделей логічного, математичного, картографічного або комплексного відображення відповідного об'єму навколишнього середовища, на основі якого і складається науково обґрунтоване судження про можливий стан довкілля в майбутньому. Процес розробки прогнозів повинен базуватися на меті прогнозних завдань, у результаті чого виділяється нормативне, пошукове і оперативне прогнозування і т.п. [133].

Об'єктом прогнозування є навколишнє природне середовище, яке оцінюється з точки зору природних і техногенно змінених процесів різного характеру, масштабу, тривалості, інтенсивності і т.п.

Система прогнозування та засоби реалізації прогнозів базуються на експериментальних прогнозних оцінках, математичних моделях і автоматизованих інформаційних і геоінформаційних системах, які запроваджуються, виходячи з мети досліджень – керованого контролю територій і акваторій. Методики прогнозування базуються на використанні певних засобів дослідження об'єкта прогнозування, спрямованих на розробку прогнозу.

На основі різноманітних методів прогнозування в системі екологічного моніторингу розробляються методики прогнозування.

Процедура прогнозування екологічного стану довкілля повинна базуватися на відповідній фактографічній платформі, якою можуть бути логічні, картографічні, математичні та інші форми зображення екологічного стану навколишнього середовища.

З точки зору градації основних методів прогнозування для потреб адміністративної області може бути використана система різних за ієрархією моделей, на базі яких і повинен здійснюватися прогноз.

Логічною основою моделі є вихідні дані щодо екологічного стану довкілля та його компонентів і процесів, що відбуваються в межах біосферного та геосферного простору. Картографічною основою моделі є низка екологічних карт, які характеризують відповідні елементи довкілля. Математичною основою моделі є низка залежностей, які дозволяють охарактеризувати екологічні чинники та процеси, що відбуваються в навколишньому природному середовищі.

Прогнозування на основі функціонування регіональної постійно діючої моделі – наукове передбачення природних і техноприродних процесів, які відбуваються в межах довкілля з точки зору підготовки стратегічних і тактичних рішень. Прогнозування на регіональному рівні полягає в підготовці інформації з точки зору перспективності техногенного навантаження на навколишнє середовище як в рамках існуючих масштабів техногенезу, так і при проектуванні відповідних техногенних навантажень при розвитку народного господарства. Основною процедурою прогнозування на регіональному рівні може бути метод експертних оцінок, який базується на комплексній експертизі наявної моніторингової інформації з метою підготовки рішення.

Паралельно з експертними оцінками доцільною є процедура прогнозування на регіональному рівні небезпечних природних і техноприродних процесів з використанням методу гармонійного аналізу, коли ці процеси повторюються в часі, а також прогнозування за допомогою багатофакторного аналізу.

Для спеціальних моделей найоптимальнішими є прогнози конкретних процесів для обґрунтування методики інженерно-екологічного захисту території. Практично продуктом прогнозування в цьому випадку має бути схема комплексного захисту території з заданою надійністю функціонування.

Локальні постійно діючі моделі – це комплекс показників, які характеризують екологічний стан природно-антропогенної системи в межах дії конкретного об'єкта. При цьому необхідний прогноз стану довкілля, розрахований на

реалізацію конкретних заходів оптимізації. Вся процедура прогнозування є різнорівневою і дозволяє з різним ступенем адекватності реалізувати процедуру верифікації прогнозних оцінок.

На базі прогнозування на основі логічної моделі здійснюється процедура розрахунку екологічного ризику техноприродної геосистеми [90, 91].

Візьмемо за об'єкт небезпеки освоєну частину території таксону площею S_0 , при загальній його площі St . У межах таксону періодично виникає небезпека (Н), що характеризує площу S_H . Геометрична ймовірність того, що небезпека виникне в освоєній частині таксону дорівнює S_0/St , а ймовірність пошкодження будь-якої точки цієї частини – S_H/S_0 . Тоді ймовірність одночасної реалізації в просторі подій, що розглядаються,

$$P(StS_0) = S_0 S_H (St S_0)^{-1} = S_H (St)^{-1}. \quad (2.1)$$

Отримана таким чином ймовірність визначає частку можливих втрат об'єкту у випадку реалізації небезпеки. Як видно з виразу (2.1), вона не залежить від площі об'єкта пошкодження, тобто є універсальним показником його реакції на небезпеку. Дамо назву цій ймовірності – ступень ураженості території при дії певної небезпеки (Н) або просто ураженість і позначимо $V_m(H)$. Тоді матеріальні втрати, представлені у вигляді площі, пошкодженої при одиничному прояві небезпеки, можуть бути визначені як

$$D_m(H) = V_m(H) S_0 = S_H / S_0 (St)^{-1}. \quad (2.2)$$

Зміст останнього виразу полягає в наступному: небезпека у випадку її виникнення в таксоні зачіпає освоєну територію з ймовірністю (S_0/St) і при цьому кожний раз пошкоджує площу S_H .

Звідси ризик пошкодження (порушення, виведення з ладу) одиниці площі в межах освоєної частини території S_0 в часі і в просторі, небезпека (Н) і повний інтегральний ризик втрат при цій події розраховуються відповідно за формулами

$$R_{sm}(H) = P^*(H) V_m(H), \quad (2.3)$$

$$R_m(H) = P^*(H) D_m(H) = R_{sm} S_0, \quad (2.4)$$

де $P^*(H)$ – повторюваність небезпеки (H), що чисельно дорівнює її статичній імовірності.

Формула (2.3) характеризує матеріальний ризик питомих втрат з одиниці площі як об'єкта, так і всього таксону за одиницю часу, що можна умовно виразити, наприклад, через розмірність га/га·рік, км²/км²·рік тощо. Назвемо такий ризик питомих ризиком ураженості території, маючи на увазі необхідність уточнення в кожному випадку, в чому конкретно полягають наслідки ураження. Питомий ризик пошкодження є досить перспективним показником для картографування і порівняльної оцінки ризику від небезпечних природних та техноприродних процесів (НПТП), які призводять до втрат земельних угідь, особливо при відсутності вірогідної інформації про розміщення і вартість окремих земель.

Повне значення ризику пошкодження, отримане за формулою (2.4), визначає умовну швидкість втрат земель у межах освоєної частини території таксону. Значення збитків і ризику для території всього таксону (якщо він взятий за об'єкт небезпеки) можуть бути отримані за тими ж формулами (2.2), (2.4) після заміни S_0 на S_t :

$$R_m(H) = V_n P(V_n) P(L) L_t, \quad (2.5)$$

$$CR_{sm}(H) = R_m(H)/S_0, \quad (2.6)$$

де V_n – лінійна швидкість розвитку процесу; $P(V_n)$ – ймовірність реалізації цієї швидкості; $P(L) = V_m(H) = L_n/L_t$ – геометрична ймовірність лінійного пошкодження (ураження) території при довжині межі розвитку процесу L_n і загальної її тривалості – L_t ; S_0 – площа території, що оцінюється.

Ризик пошкодження території є основою для визначення інших типів ризику від НПТП, а саме економічного ризику руйнування земель із

розміщеними в їх межах об'єктами господарства. Для цього використовують вираз

$$Re(H) = Rm(H) \cdot d_e, \quad (2.7)$$

де d_e – щільність національного багатства (крб/га, крб/км² і т.ін.).

Замінімо в останній формулі d_e на d_p . В результаті отримаємо новий показник соціального ризику ураження населення, який раніше не використовувався для аналізу ризику від НППП. Він визначає в найзагальнішому вигляді можливість опинитися в зоні катастрофічного розвитку одного або декількох процесів протягом певного часу і, відповідно, понести моральні, матеріальні та фізичні збитки. Цей тип ризику може в перспективі стати одним з основних показників для попередньої оцінки безпеки великих територій, коли, як правило, відсутня вірогідна інформація про втрати і ступені захищеності населення від окремих небезпек.

При картографуванні соціального та інших подібних типів ризику слід використовувати їх питомі показники, які безпосередньо характеризують можливі збитки. В розглянутому випадку питомим показником і критерієм для ранжування територій є індивідуальний ризик ураження населення, який визначає ймовірність опинитися в числі потерпілих для однієї людини з групи ризикуючих у зоні можливого пошкодження. Такий ризик встановлюється за формулою:

$$Ri(H) = Rm(H) \cdot d_p \cdot P(I) = Rs(H) \cdot P(I), \quad (2.8)$$

де d_p – щільність проживання населення; $P(I) = 1/m$ – ймовірність ураження однієї людини з групи, яка опинилася в зоні аварії; m – чисельність цієї групи; $Rs(H)$ – повний соціальний ризик ураження населення.

Спеціально зазначимо, що розглянуті вище методи аналізу й оцінки соціального ризику від НППП практично без змін можуть успішно викорис-

товуватись для оцінки екологічного ризику пошкодження окремих видів рослинного і тваринного світу.

Більш детальна оцінка ризику в різних сферах пов'язана з додатковим урахуванням ураженості окремих об'єктів господарств, населення і біоценозів при дії НПТП певної інтенсивності та руйнівної сили. Основна формула для уточненої оцінки економічного ризику руйнування або пошкодження однотипних об'єктів від небезпеки H має такий вигляд:

$$Re(H) = P^*(H) V_m(H) V_e(H) D_e, \quad (2.9)$$

де $V_e(H) = n_1/n$ – ступінь ураженості (ймовірність втрат) об'єктів при події H ; n_1 – кількість або вартість відновлення зруйнованих об'єктів; n – загальна їх кількість або вартість; D_e – загальна вартість об'єктів з певним ступенем пошкоджень у зоні ураження.

Використання формули (2.9) передбачає роздільну оцінку ризиків руйнування та пошкодження об'єктів. Загальний економічний ризик визначається як багаточленна сума цих ризиків для всіх типів будівель, споруд, одиничних об'єктів і земельних угідь у зоні пошкодження процесом. Аналогічну операцію необхідно проводити при оцінці соціального ризику, в результаті різниці в ураженості населення в зруйнованих і пошкоджених об'єктах, а також на відкритій місцевості.

Соціальний ризик від певної небезпеки переважно встановлюється до ймовірності загибелі населення. Хоча можливий більш загальний варіант встановлення ризику від небезпеки, тобто отримання поранення або втрати особистого майна.

У всіх випадках оцінка соціального й індивідуального ризиків загибелі або поранення пов'язана з послідовним встановленням ймовірності ураження і руйнування різних об'єктів, а також перебування певних груп людей в їх межах у момент розвитку небезпеки (фактора зайнятості). В прийнятій термінології

остання ймовірність ϵ , по суті, ступенем ураженості населення в часі. Вона встановлюється для типового (з групи) або конкретного індивіду за виразом:

$$V_s^t = t_d t_y (24 \cdot 365)^{-1}, \quad (2.10)$$

де t_d і t_y – тривалість перебування групи людей або особи в межах уражених об'єктів протягом дня і року відповідно. Звідси соціальний ризик загибелі або поранення населення від певної небезпеки (H) можна знайти за формулою

$$R_s(H) = P^*(H) V_m(H) V_e(H) V_s^t(H) V_s^s(H) D_p, \quad (2.11)$$

де $V_s^s(H) = P1/P$ – ступінь ураженості населення в межах об'єктів з певною силою руйнування; P1 – кількість людей, що загинули або отримали поранення в межах цих об'єктів; P – загальна кількість людей, що знаходилась у них; D_p – загальна кількість населення в певній зоні (підзоні) ураження.

Перехід від встановлених за формулами (2.9), (2.11) економічних і соціальних ризиків до питомих та індивідуальних значень виконується за допомогою рівнянь (2.6), (2.8), які використовуються для приблизної оцінки ризиків ураження (табл. 2.1). Всі наведені математичні моделі ризику розроблені для оцінки елементарних негативних ефектів від небезпек певної інтенсивності, що пошкоджують однорідні об'єкти. Сума ризиків елементарних подій для всіх можливих випадків прояву певної небезпеки, які відрізняються за повторюваністю (швидкістю), інтенсивністю і можливими наслідками, виражає повний окремий ризик від цієї небезпеки як у межах одного, так і всіх об'єктів ураження. Сума окремих ризиків від усіх генетичних типів небезпек, що діють на об'єкт, визначає сумарний ризик прямих втрат у речовинній (матеріальній), економічній, соціальній або екологічній сферах.

Оцінка природних і техноприродних ризиків повинна передбачати аналіз усіх первинних і, по можливості, вторинних наслідків НППП. При цьому повний сумарний ризик від окремої небезпеки H може бути визначений таким чином:

$$R_s(H) = R_s(P|TCSNH) + Re(CS|TNH) + Rec(E|TCSNH), \quad (2.12)$$

де R_s , Re , Rec – відповідно соціальний, економічний і екологічний ризик, а індекси в дужках – синергетичні ланцюгові події-втрати (до вертикальної лінії) і дії (наведені після ризику в подальшому їх виникненні справа-наліво), пов'язані з ураженням первинної (H) і вторинними природними і техноприродними (N) небезпеками, з руйнуваннями, пошкодженнями (виведенням з ладу) територій (S) і будівельних конструкцій (C), з пожежами, вибухами, викидами і розливанням токсичних речовин та іншими вторинними техногенними небезпеками (T), із загибеллю і пораненнями населення (P), а також певних представників тваринного і рослинного світу (E).

Такий сумарний ризик може бути визначений тільки у випадку вираження всіх результатів оцінки в одних економічних показниках. Це – важке завдання морального плану. Тому в наш час виправданою є практика роздільної оцінки соціальних, економічних і екологічних ризиків з наступним комплексним аналізом отриманих результатів і прийняттям управлінських рішень щодо зменшення втрат [91].

Наведені теоретичні положення дозволяють встановити оптимальну схему аналізу, прогнозу оцінки й керування ризиком небезпечних природних та техноприродних процесів (НПТП), що містить такі основні операції, як:

- виявлення і прогноз місця і часу утворення основних НПТП, в тому числі їх типів, інтенсивності, ймовірності, площ можливого ураження;
- районування уражених площ; оцінка ураженості об'єктів господарства і населення при дії НПТП різної інтенсивності;
- прогноз розвитку вторинних небезпек природного і техногенного походження;
- оцінка і картографування окремих і сумарних ризиків від усіх можливих проявів первинних і вторинних небезпек;
- прийняття управлінських рішень з попередження, зменшення і відвертання природних і техноприродних небезпек у зонах максимального недопустимого ризику.

Абіотичні природні та техноприродні небезпеки і ризики

Рівень і ознака виділення	Класифікаційне угруповання ризику	
1. Генезис	Природний	Техноприродний
2. Середовище розвитку	Геологічний, гідрологічний, метеорологічний, космічний	Інженерно-геологічний, інженерно-гідрологічний, інженерно-метеорологічний
3. Механізм	Сейсмічний, зсувний, селевий, лавинний, абразійний, карстовий, цунамі, повеней, ураганів і т.ін.	Переробка берегів водосховищ, підтоплення територій, наведеної сейсмічності, техногенних зсувів, селей та ін.
4. Масштаб	Локальний, регіональний (підтипи: обласний, районний, економічних зон), суперрегіональний (підтипи: державний, міждержавний), глобальний	
5. Характер впливу	Одномоментний (підтипи: одноразовий, багаторазовий), перманентний (підтипи: відносно постійний, кумулятивний (збільшується), екстенсивний (зменшується))	
6. Повнота обліку	Власний (від однієї небезпеки), сумарний (від декількох небезпек)	
7. Форма прояву	1. Точковий, об'єктний, територіальний. 2. Прямий, непрямий, повний	
8. Сфера фіксації	Соціальний (підтипи: повний та індивідуальний першого і другого роду), речовинний, економічний, екологічний	
9. Форма вираження	Випадковий, вартісний, комбінований (зведений)	
10. Ступінь попередження	Попереджений, частково попереджений, непопереджений (залишковий)	
11. Індивідуальний ризик, люд./рік	Малий ($<2,7 \cdot 10^{-7}$), невеликий $((2,7-3,3) \cdot 10^{-7})$, середній $(3,3 \cdot 10^{-6} - 10^{-6})$, великий $(10^{-6} - 10^{-5})$, дуже великий $(10^{-5} - 10^{-5})$, винятково великий $(>10^{-4})$	
12. Економічний ризик (тис.грн./(га·рік)	Малий (<2), невеликий (2–10), середній (10–20), великий (20–100), дуже великий (100–200), винятково великий (>200)	

2.4. Результати територіального рівня моніторингу небезпечних геологічних процесів Львівської області

Територіальний (локальний) режим проводиться в межах ділянок 2 категорії, які найбільш піддаються негативному впливу НГП. Спеціальний режим вивчення небезпечних геологічних процесів та локально-об'єктні дослідження дозволяють контролювати території їхнього активного розвитку на ділянках значного техногенного навантаження (додатки Г, Д, Е, Є, Ж, З, І).

Львівщина є областю інтенсивного розвитку гірничодобувної і хімічної промисловості, енергетичного, сільськогосподарського та лісотехнічного виробництва, а також має густу мережу інженерно-лінійних комунікацій – залізниць, автошляхів, ЛЕП, різного призначення трубопроводів.

Найпоширенішою є гірничодобувна промисловість, яка більше всього впливає на погіршення екологічного стану геологічного середовища (додаток Д). У Львівсько-Волинському басейні йде видобуток кам'яного вугілля, у Передкарпатському сірчаному басейні донедавна інтенсивно розроблялись родовища самородної сірки, у межах різних типів ГС видобуваються нафта і газ. Об'єктами гірничодобувної промисловості є Стебницький комбінат “Полімінерал” з видобутку калійних солей і виробництва міндобрив, Миколаївський цементний завод, багаточисельні підприємства з розробки будівельних матеріалів: вапняки, гіпси, піски, глини, пісковики. Надзвичайно екологічно шкідлива є досить поширена розробка піщано-гравійних сумішей в долинах р.р. Дністер, Стрий та інших. Також іде видобуток розсолів і мінеральних вод, на базі яких працюють загальновідомі курорти Трускавець і Моршин.

Екологічно шкідливими є підприємства хімічної промисловості – Новороздольський завод мінеральних добрив, Дашавський завод з виробництва сажі, Дрогобицький нафтопереробний завод. Зміни стану геологічного середовища Червоноградського ГПР зумовлені розвитком вуглевидобутку, що проявляються активізацією небезпечних геологічних процесів (НГП) та значним забрудненням довкілля: атмосфери, ландшафтів, ґрунтів, поверхневих і підземних вод.

Чисельні інженерно-лінійні комунікації супроводжуються підрізками схилів, що зумовлюють активізацію схилів. Масові вирубки лісів спричиняють захащення малих водотоків, що в свою чергу сприяє виникненню катастрофічно руйнівних повеней. Суцільні вирубки лісів і розорювання гірських схилів призводить до інтенсивної активізації ерозії, утворенню мережі ярів і виведенню з господарського користування чисельних сільськогосподарських угідь.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Екологічний моніторинг геологічних процесів є головним інструментом для визначення оцінки динаміки розвитку геологічних процесів на конкретних територіях регіону. Його метою є розробка і реалізація заходів з попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій для забезпечення безпеки населення і об'єктів економіки регіону. В завдання екологічного моніторингу геологічних процесів входить своєчасне виявлення та прогнозування розвитку небезпечних геологічних процесів, які впливають на безпечний стан геологічного середовища.

Досліджені масштаби поширення небезпечних геологічних процесів і ураженості ними території області свідчить про необхідність ведення моніторингу геологічних небезпечних процесів.

За результатами виконанх робіт запропоновано впровадження системи геодинамічного моніторингу, яка дозволить спостерігати, оцінювати, прогнозувати та управляти процесонебезпечними територіями, які знаходяться під впливом ендегенних та екзогенних процесів. При цьому основу системи геодинамічного моніторингу повинна складати стаціонарна режимна мережа полігонів. Виходячи із розмірів полігонів, завдань і масштабів спостережень на них, полігони поділяються на: регіональні, локальні та детальні.

Розроблена система геодинамічного моніторингу включає такі основні функціональні підсистеми:

1. Підсистему контролю.
2. Підсистему моделювання і прогнозу.
3. Підсистему управління.

Головним завданням системи геодинамічного моніторингу повинна стати мінімізація інженерного ризику та підвищення рівня екологічної безпеки на території області.

2. Визначені принципи здійснення прогнозу змін стану навколишнього середовища, на основі яких у системі екологічного моніторингу розробляються методики прогнозування.

Згідно концепції моніторингу, процедура розрахунку екологічного ризику території повинна здійснюватись на базі прогнозування. Дисертантом пропонується система формул, за допомогою якої можна отримати розрахункове значення прогнозу.

Наведені теоретичні положення дозволяють встановити оптимальну схему аналізу, прогнозу оцінки й керування ризиком небезпечних природних та техноприродних процесів.

3. Досліджені та обґрунтовані наукові та методичні засади розрахунку ризику розвитку небезпечних геологічних процесів у межах техноприродних геосистем.

РОЗДІЛ 3

РЕГІОНАЛЬНА ТА ЛОКАЛЬНА ОЦІНКА СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА УМОВАМИ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ (ЗСУВИ, КАРСТ)

Трансформація техногенного впливу на геологічне й суміжні середовища робить актуальною проблему регіональних та локальних оцінок, результати яких покладені в основу складання схем районних планувань та інженерного захисту (рис. 3.1).

Наукова новизна виконаних досліджень базується на аналізі результатів картографічного моделювання з метою забезпечення регіонального прогнозу ризику розвитку небезпечних геологічних процесів. При аналізі виконаних досліджень оцінені основні науково-практичні підходи, виконані за останні 50 років та запропонований комплексний підхід розрахунку ризику.

Основним комплектом регіональних картографічних моделей, виконаних на основі регіональної державної програми колишнього СРСР, були карти ураженості території НГП* за методикою ВСЕГІНГЕО.

Карти ураженості склалися в комплексі з картами умов розвитку НГП та картами техногенних об'єктів, які знаходяться під впливом небезпечних геологічних процесів. Важливим чинником картографічного моделювання є процедура типізації ГС та його інженерно-геологічного районування.

Процедура районування виконана як із врахуванням принципів інженерно-геологічного районування (Г.А.Голодковська, І.В.Попов, 1978), (В.Д. Ломтадзе, 1978), (І.С.Комаров, 1964), (В.Т.Трофимов, 1989), (Г.І.Рудько, 1992), так і на основі врахування методів геоморфологічного районування (Т.В.Звонкова, 1987), (Ю.Г.Симонов, 1987), (Н.В.Думітрашко, 1979), (Я.С.Кравчук, 1991), (О.І.Спиридонов, 1985), (Л.М.Цись, 1962), (К.І.Геренчук, 1956), (Н.П.Костенко, 1995), (О.М.Адаменко, Г.І.Рудько, 1997).

* НГП – небезпечні геологічні процеси

Інженерно-геологічне районування – процедура розділення території на окремі одиниці (територіальні комплекси), які характеризуються певною ступінню однорідності за умовами розвитку рельєфоутворювальних процесів у межах ГС.

У межах різних літосферно-геодинамічних комплексів ГС інженерно-геологічне районування виконується з метою оцінки умов факторів та інтенсивності розвитку небезпечних геологічних процесів (НГП).

З нашої точки зору, процедура інженерно-геологічного районування – це процес виявлення загальних закономірностей умов і факторів формування і розвитку НГП з наступним розмежуванням ГС на окремі частини за генетичними, парагенетичними, морфологічними та іншим ознаками розвитку геологічних процесів у залежності від об'єму ГС, кількості та якості інформації та цільової направленості районування.

Процедуру інженерно-геологічного районування було прийнято в ролі основного інструменту, що дозволяє полегшити завдання визначення просторово-часових закономірностей розвитку геодинамічних процесів.

У процесі виконаних інженерно-геологічних робіт карти, складені в масштабі 1:200 000 – 1:100 000, віднесені до середньомасштабних, карти, складені в масштабі 1:50 000 – 1:25 000, віднесені до крупномасштабних, карти, складені в масштабі 1:10 000 і крупніші – до детальних. Такий вибір масштабів найточніше відповідає поставленим завданням і відображає ступінь невизначеності при оцінці закономірностей розвитку НГП.

Середньомасштабні спеціалізовані інженерно-геоморфологічні карти (переважно масштабу 1:200 000) складені з метою в'яснення закономірностей розвитку як парагенезису, так і окремих типів НГП. На картах середнього масштабу цілком можливим є виділення генетичних типів НГП (наприклад, зсувів) з характеристикою їх поведінки в часі і розробкою тактичних параметрів керованого контролю (додатки Г, Д).

Крупномасштабні спеціалізовані інженерно-геологічні карти складені для відображення інженерних умов території крупного промислового й гідротехнічного будівництва, а також міст і промислово-міських агломерацій.

В окремих випадках спеціалізовані інженерно-геологічні карти можуть бути складені для ділянок інтенсивного розвитку несприятливих геологічних процесів у зв'язку з будівництвом, що намічається, для оцінки закономірностей їх розвитку, механізму і динаміки на репрезентативних ділянках.

За допомогою процедури інженерно-геологічного районування при побудові карт крупного масштабу визначено в кінцевому результаті технологію взаємодії в системі людина – ГС.

Згідно з методикою складання цих карт, (Г.І.Рудько, 1992, 1995, 1999) є визначення основних просторово-часових закономірностей, небезпечних геологічних процесів.

Наступним етапом картографічного моделювання було створення низки карт регіонального рівня (масштаб 1:200 000 для оцінки ризику небезпечних геологічних процесів).

При цьому, карти умов розвитку кожного окремого НГП регіонального рівня в межах Львівської області складаються для зон розповсюдження процесів.

На картах регіонального рівня (масштаб 1:200 000) умов розвитку НГП та можливості виникнення надзвичайних ситуацій (НС) за основними статичними факторами і відповідними критеріями виділяються елементарні комірки відповідно рівню картування (райони і ділянки). В межах елементарних комірок (районів, ділянок) за основними статичними факторами, які найімовірніше сприяють розвитку кожного окремого виду НГП, на основі бальної оцінки встановлюється ступінь можливості виникнення НС. Усі подальші оцінки ймовірності виникнення НС під впливом кожного виду НГП виконувались в межах районів і ділянок (регіональний рівень).

Для кожного виду НГП існують свої комплекси статичних факторів, що зумовлюють їх активність і можливість виникнення НС.

Карта районування території за можливістю виникнення НС кожного окремого НГП усіх рівнів доповнюються експлікацією, з виведенням у кожній елементарній комірці (ділянці) сумарної бальності, яка за задумом розробників методики повинна інтегрувати ймовірність виникнення НС під впливом кожного виду НГП. Таким чином, кінцевою метою карти є оцінка можливості виникнення НС під впливом зсувів чи карсту, тобто створення карти ризику виникнення НС. За методикою карта районування за умовами розвитку НГП та оцінки можливості виникнення НС (ризик) під їх впливом має бути суміщеною, тобто однією картою. Для картографічної моделі масштабу 1:200 000, щодо закономірностей розвитку зсувних процесів доцільно створити дві карти: карту умов розвитку зсувів і карту районування території за можливістю виникнення НС, зумовлених розвитком зсувів.

Карта (модель) умов розвитку небезпечних геологічних процесів базується на основі районування за критеріями, згідно яких встановлені межі таксонів, ступінь небезпечності виникнення НС під впливом розвитку НГП. Ці показники розраховуються на основі статичних (відносно постійних) та динамічних (змінних у часі та просторі) природних і техногенних факторах розвитку НГП. На основі статичних факторів розвитку НГП (структурно-тектонічної умови території, літології та особливостей залягання гірських порід, їх інженерно-геологічних показників, гідрогеологічних та геоморфологічних умов тощо) встановлені межі всіх таксонів. Для оцінки ступеня небезпечності виникнення НС під впливом НГП використовуються тільки основні статичні та всі динамічні фактори розвитку НГП.

Для оцінки ступеня небезпечності виникнення НС під впливом статичних факторів розвитку НГП при побудові карт розроблено бальну оцінку з врахуванням дії кожного фактора. Значення факторів у розвитку НГП оцінюється в кожному випадку за п'ятибальною шкалою відповідно до наявної дії фактора на розвиток НГП:

- потенційна – 1 бал (менше 5 % ймовірності виникнення);
- існує обмежена – 2 бали (від 5 до 25 % ймовірності виникнення);

- існує – 3 бали (25 – 50 % ймовірності виникнення);
- існує в багатьох випадках – 4 бали (50 – 75 % ймовірності виникнення);
- існує в більшості випадків – 5 балів (більше 75 % ймовірності виникнення).

Ділянки та райони на картах віднесені до різного рівня небезпечності щодо виникнення НС і поділяються відповідно до сумарної бальної оцінки факторів на:

- малого ризику – менше 8 балів
- потенційного ризику – 8 – 16 балів
- ризику – 16 – 24 балів
- значного ризику – більше 24 балів.

У розвиток вищезазначених методичних положень, розроблених КВ УкрДГРІ, у роботі розглянуто нові методичні підходи для розрахунку інженерного ризику території у рамках досліджуваних техноприродних геосистем (ТПГ).

3.1. Регіональні картографічні моделі районування за умовами розвитку зсувів (відповідно до масштабу 1:200 000)

Регіональні картографічні моделі районування за умовами розвитку зсувів складені в масштабі 1:200 000 на основі методичних положень, розроблених КВ УкрДГРІ на основі раніше розроблених методик [119].

Принципи регіонального картування базуються на виділенні двох геоструктурних регіонів: Волино-Подільський плитний комплекс платформного типу геологічного середовища (А) та Карпатської гірськоскладчастої області і Передкарпатського прогину гірськоскладчастого та перехідного типу геологічного середовища. У межах геоструктурних регіонів за геоморфологічними ознаками (Рудько, 1994) виділені інженерно-геологічні комплекси.

Нижче наведена характеристика територій, у межах яких розповсюджені зсуви (за матеріалами Львівської ГРЕ).

Область акумулятивно-денудаційні рівнини Передкарпатської височини (Ж-І) – покрив, який складений глинистою моласою, що і визначило основні

морфологічні риси області. Закадастровано 334 зсуви, загальною площею 6403,27 км². Ступінь ураженості території – 1,04 %. Зсуви представлені наступними типами: активних – 29 стабілізованих, загальною площею 5,57 км², тимчасово стабілізованих – 13, загальною площею 2,54 км²; ковзаня – стабілізованих – 2, загальною площею 0,49 км², тимчасово стабілізованих – 3, загальною площею 0,55; течії – стабілізованих – 220 загальною площею 43,35 км², тимчасово стабілізованих – 58, загальною площею 12,28 км².

Район Сансько-Дністровської вододільної скульптурно увалистогорбистої височини ((Ж-I-2) приурочений до Зовнішньої і Внутрішньої зон Передкарпатського крайового прогину і представляє собою розчленовану височину субширотного простягання. Закадастровано 292 зсуви форм загальною площею 57,81 км², ступінь ураженості території – 3,07 %. Зсуви представлені такими типами: активні – 25 стабілізованих, загальною площею 4,94 км², тимчасово стабілізованих – 11, загальною площею 2,19 км²; ковзаня – стабілізованих – 2, загальною площею 0,49 км², тимчасово стабілізованих – 2, загальною площею 0,40 км²; течії – стабілізованих – 193, загальною площею 36,95 км², тимчасово стабілізованих – 50, загальною площею 11,27 км² (рис. 3.2–3.3).

Область складчастих середньо- та низькогірських масивів Зовнішніх Карпат (Ж-II). У межах області виділяються райони структурно-ерозійного рельєфу пліоценово-голоценового віку. Загальна кількість зсувів 629, загальна площа таксону – 2471,30 км². Зсуви представлені наступними типами: зміщення – 45 стабілізованих, загальною площею 10,69 км², тимчасово стабілізованих – 37, загальною площею 8,24 км²; ковзаня – активний зсув 1, загальною площею 0,36 км², стабілізованих – 55, загальною площею 14,61 км², тимчасово стабілізованих – 69, загальною площею 18,06; течії, – активний зсув 1, площа – 0,34 км²; стабілізованих – 307, загальною площею 75,33 км², тимчасово стабілізованих – 106, загальною площею 26,23 км².

Район низькогірського рельєфу північних крайових хребтів (Ж.II.1) розташований в крайній північно-західній частині Зовнішніх Карпат, охоплюючи ме-



Рис. 3.2. Карта геологічних умов поширення зсувів складчастої області Карпат
(Г.І.Рудько та інші, 2000 р.)
(умовні позначення на стор. 105)

Умовні позначення:

<p>Міцен</p> <p>M_1</p> <p>$M_1 V_3$</p> <p>$P_3 M_1 V_3$</p> <p>$P_3 V_1$</p> <p>$P_3 V_1$</p> <p>Олігоцен</p> <p>$P_3 M_1 V_3$</p> <p>$P_3 M_1 V_3$</p> <p>$P_3 M_1 V_3$</p> <p>Еоцен</p> <p>P_2</p> <p>$P_1 V_1$</p> <p>Палеоцен</p> <p>$P_1 V_1$</p> <p>$P_1 V_1$</p> <p>Верхня крейда</p> <p>$K_2 V_1$</p> <p>$K_2 V_1$</p> <p>$K_2 V_1$</p> <p>Нижня крейда</p> <p>$K_1 V_1$</p>	<p>Дерюмильські конгломерати</p> <p>Міцен-Верхньопалеоценовий підгірський сирій гімніст-вапняковистий фліш</p> <p>Верхній олігоцен-нижній еоцен-Середньопалеоценовий підгірський сирій середньоритмічний вапняковистий фліш</p> <p>Середній олігоцен-Нижньопалеоценовий підгірський сирій трюворитмічний пісчаний вапняковистий фліш (трювський підтип розриву). Сирій гімністичний вапняковистий фліш (Білявський підтип розриву основ) гірський вапняковистий фліш</p> <p>Нижній олігоцен-Білошанський гірський (в Крисненській та біклявській зонах – в усіх сивах крім Сивавої та Бергової) вилучу нижній крейдевий гірський</p> <p>Верхній олігоцен-Верхньопалеоценова підсаїта (в Берговеї та Сивавській сивах-Дрплаті-пісчовикі, кремні-турі Вилучу верхній крейдевий гірський</p> <p>Середній олігоцен-Середньопалеоценова підсаїта (в Берговеї та Олівській сивах) сивавий фліш</p> <p>Нижній олігоцен-Нижньопалеоценова підсаїта (в Берговеї та Олівській сивах) Чорні вапняки, тонковерстувані з поршарками пісчовиків та слюдисті. Внизу нижній крейдевий гірський</p> <p>Еоцен-Нерозчленовані відклади</p> <p>Палеоцен-Еоцен-об'єднані. Нижньопалеоценова, виглядово-палеоценова, вистрицька саїта</p> <p>Палеоцен-Середній еоцен-Нерозчленовані відклади</p> <p>Палеоцен-Нижній еоцен-Нерозчленовані відклади</p> <p>Ямненська саїта-Пісчовики товстошаруваті вилучу стратостаріанні аргіліти</p> <p>Стрицька саїта-Верхня підсаїта-Тонкоритмічний пісчаний вапняковистий фліш</p> <p>Стрицька саїта-Середня підсаїта-Трюворитмічний пісчаний вапняковистий фліш</p> <p>Стрицька саїта-Нижня підсаїта-Тонкоритмічний пісчаний вапняковистий фліш</p> <p>Отрийська саїта-Нерозчленовані відклади</p> <p>Головничська саїта-Земелуваті вапняки та стратити гімністичний фліш</p> <p>Славська саїта-Темно-сирій, чорний крейдевий фліш</p>	<p>ТЕКТОНІЧНІ ПОРУШЕННЯ</p> <p>Насуви: а – границі покряв'є (зен); б – границі Сивавриля; в – границі сив; г – границі муск</p> <p>Інші дисциплярні порушення</p> <p>Районування за тектонічними умовами Складчаста область Карпат</p> <p>Сивава зона</p> <p>Бергова сива та П'юски (а,б,в,г)</p> <p>Олівська сива та П'юски (а,б,в,г,ж)</p> <p>Сивавська сива та П'юски (а,б,в,г)</p> <p>Олівя Парашка та П'юски (а,б,в,г,д)</p> <p>Мальмантальська сива та П'юски (а,б)</p> <p>Сива Зелем'янки та П'юски (а,б,в,г)</p> <p>Сива Рохонича та П'юски (а,б,в)</p> <p>Славська сива та П'юски</p> <p>Крисненська зона</p> <p>Трювська підзона: Розлуцький тектонічний елемент</p> <p>Трювська сива (група муск а,б,в,г)</p> <p>Лонненська сива (група муск а,б)</p> <p>Берговецька сива (Берговецька сива) та П'юски (а,б,в,г,д,ж,з); Станіславська; Ямніковська; Ямніковська-г. Новосеміцька</p> <p>Отрийська сива (муск а-Роловська; в-Ямніковська)</p> <p>Білявська підзона</p> <p>Сивавська сива та П'юски (а,б,в,г)</p> <p>Волквецька сива та П'юски (а-Веровсь; в-Ужок)</p> <p>Збуви (за даними дешифрування АФЗ)</p> <p>а) Геологічні границі; б) достовірні; в) умовні</p> <p>Літолого-фаціальні границі</p>
--	---	--

Потенційний ризик (PR) розглядається як функція ураженості території небезпечними геологічними процесами (НГП). Потенційний ризик розраховується за формулою ураженості території НГП у відсотках по кожному процесу з цією розрахунку ураженості:

$$PR = u \cdot 0,1E - 0,2P - 0,6K,$$

де PR – потенційний ризик,

u – ураженість,

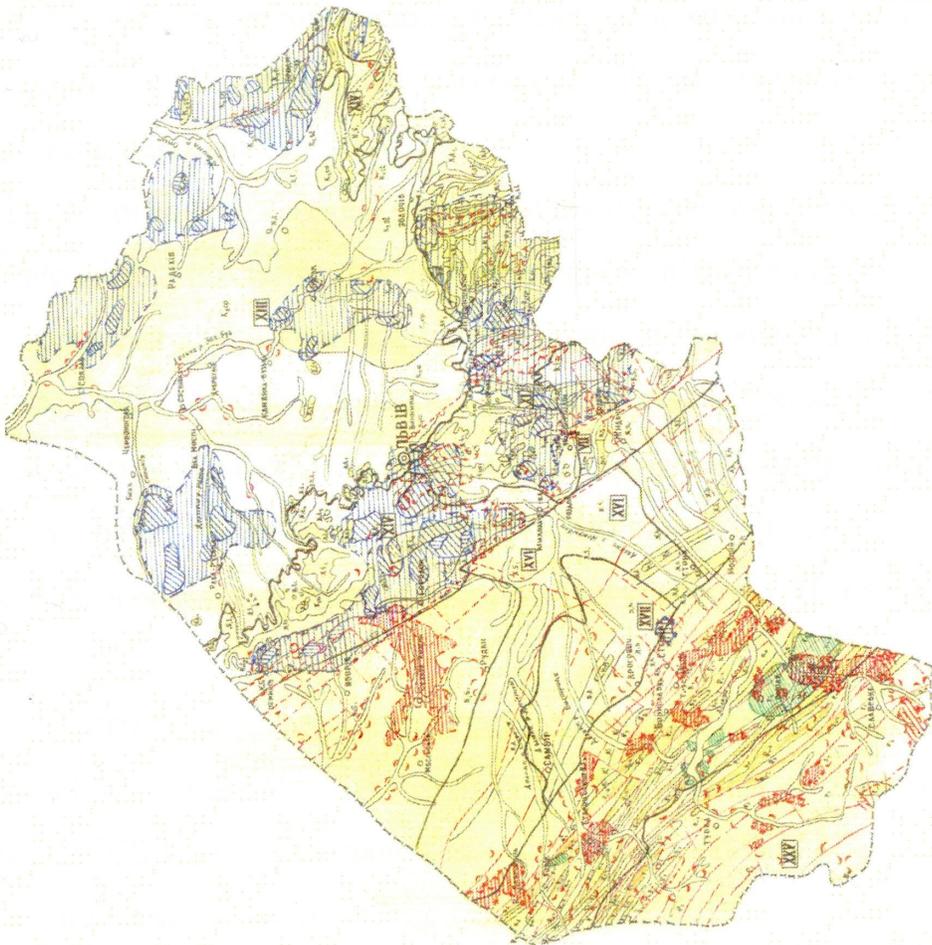
E – ерозія,

P – зсуви,

K – карст.

0,1 – відсоток ураженості території у дашкові 0-1 (у відсотках $0,1 = 10\%$).

Техногенно обумовлений ризик (TR) розглядається як функція техногенно обумовленої активності небезпечних геологічних процесів. При цьому вводиться поняття катастрофічного ризику, який дорівнює швидкості катастрофічного



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

4.1	Сучасні денудовані відслонили лісові ґрунти	4.11	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.12	Горючі вугілля: А, Б	4.13	Горючі вугілля: В, Г
4.2	Висхідні водні потоки	4.14	Горючі вугілля: Д, Е	4.14	Горючі вугілля: Ф, Г	4.15	Горючі вугілля: І, К
4.3	Заплави річок: періодичні, тимчасові, довготривалі	4.15	Горючі вугілля: Л, М	4.15	Горючі вугілля: Н, О	4.16	Горючі вугілля: П, Р
4.4	Нависні карстові озера	4.16	Горючі вугілля: С, Т	4.16	Горючі вугілля: У, Ф	4.17	Горючі вугілля: Х, Ц
4.5	Висхідні води: опреснені, мінеральні	4.17	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.17	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.18	Горючі вугілля: З, І
4.6	Друмлисті ґрунти: карбонатні, некарбонатні	4.18	Горючі вугілля: Ї, Т	4.18	Горючі вугілля: К, Г	4.19	Горючі вугілля: Л, Д
4.7	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.19	Горючі вугілля: З, І	4.19	Горючі вугілля: Л, Д	4.20	Горючі вугілля: М, Я
4.8	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.20	Горючі вугілля: Ф, Г	4.20	Горючі вугілля: Н, О	4.21	Горючі вугілля: П, Р
4.9	Нависні озера: Главо, Ізюмське, Брешівське	4.21	Горючі вугілля: С, Т	4.21	Горючі вугілля: У, Ф	4.22	Горючі вугілля: Х, Ц
4.10	Нависні озера: Ізюмське, Брешівське	4.22	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.22	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.23	Горючі вугілля: З, І
4.11	Степний ґрунти, дерновинні, дерново-підзолисті	4.23	Горючі вугілля: Ї, Т	4.23	Горючі вугілля: К, Г	4.24	Горючі вугілля: Л, Д
4.12	Висхідні водні потоки	4.24	Горючі вугілля: У, Ф	4.24	Горючі вугілля: Н, О	4.25	Горючі вугілля: П, Р
4.13	Нависні карстові озера	4.25	Горючі вугілля: С, Т	4.25	Горючі вугілля: У, Ф	4.26	Горючі вугілля: Х, Ц
4.14	Висхідні води: опреснені, мінеральні	4.26	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.26	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.27	Горючі вугілля: З, І
4.15	Друмлисті ґрунти: карбонатні, некарбонатні	4.27	Горючі вугілля: Ї, Т	4.27	Горючі вугілля: К, Г	4.28	Горючі вугілля: Л, Д
4.16	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.28	Горючі вугілля: У, Ф	4.28	Горючі вугілля: Н, О	4.29	Горючі вугілля: П, Р
4.17	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.29	Горючі вугілля: С, Т	4.29	Горючі вугілля: У, Ф	4.30	Горючі вугілля: Х, Ц
4.18	Нависні озера: Главо, Ізюмське, Брешівське	4.30	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.30	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.31	Горючі вугілля: З, І
4.19	Нависні озера: Ізюмське, Брешівське	4.31	Горючі вугілля: Ї, Т	4.31	Горючі вугілля: К, Г	4.32	Горючі вугілля: Л, Д
4.20	Степний ґрунти, дерновинні, дерново-підзолисті	4.32	Горючі вугілля: У, Ф	4.32	Горючі вугілля: Н, О	4.33	Горючі вугілля: П, Р
4.21	Висхідні водні потоки	4.33	Горючі вугілля: С, Т	4.33	Горючі вугілля: У, Ф	4.34	Горючі вугілля: Х, Ц
4.22	Нависні карстові озера	4.34	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.34	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.35	Горючі вугілля: З, І
4.23	Висхідні води: опреснені, мінеральні	4.35	Горючі вугілля: Ї, Т	4.35	Горючі вугілля: К, Г	4.36	Горючі вугілля: Л, Д
4.24	Друмлисті ґрунти: карбонатні, некарбонатні	4.36	Горючі вугілля: У, Ф	4.36	Горючі вугілля: Н, О	4.37	Горючі вугілля: П, Р
4.25	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.37	Горючі вугілля: С, Т	4.37	Горючі вугілля: У, Ф	4.38	Горючі вугілля: Х, Ц
4.26	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.38	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.38	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.39	Горючі вугілля: З, І
4.27	Нависні озера: Главо, Ізюмське, Брешівське	4.39	Горючі вугілля: Ї, Т	4.39	Горючі вугілля: К, Г	4.40	Горючі вугілля: Л, Д
4.28	Нависні озера: Ізюмське, Брешівське	4.40	Горючі вугілля: У, Ф	4.40	Горючі вугілля: Н, О	4.41	Горючі вугілля: П, Р
4.29	Степний ґрунти, дерновинні, дерново-підзолисті	4.41	Горючі вугілля: С, Т	4.41	Горючі вугілля: У, Ф	4.42	Горючі вугілля: Х, Ц
4.30	Висхідні водні потоки	4.42	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.42	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.43	Горючі вугілля: З, І
4.31	Нависні карстові озера	4.43	Горючі вугілля: Ї, Т	4.43	Горючі вугілля: К, Г	4.44	Горючі вугілля: Л, Д
4.32	Висхідні води: опреснені, мінеральні	4.44	Горючі вугілля: У, Ф	4.44	Горючі вугілля: Н, О	4.45	Горючі вугілля: П, Р
4.33	Друмлисті ґрунти: карбонатні, некарбонатні	4.45	Горючі вугілля: С, Т	4.45	Горючі вугілля: У, Ф	4.46	Горючі вугілля: Х, Ц
4.34	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.46	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.46	Горючі вугілля: Щ, Ж	4.47	Горючі вугілля: З, І
4.35	Підземні води: мінеральні, сірководні	4.47	Горючі вугілля: Ї, Т	4.47	Горючі вугілля: К, Г	4.48	Горючі вугілля: Л, Д
4.36	Нависні озера: Главо, Ізюмське, Брешівське	4.48	Горючі вугілля: У, Ф	4.48	Горючі вугілля: Н, О	4.49	Горючі вугілля: П, Р
4.37	Нависні озера: Ізюмське, Брешівське	4.49	Горючі вугілля: С, Т	4.49	Горючі вугілля: У, Ф	4.50	Горючі вугілля: Х, Ц
4.38	Степний ґрунти, дерновинні, дерново-підзолисті	4.50	Горючі вугілля: Ч, Ш	4.50	Горючі вугілля: Щ, Ж		
4.39	Висхідні водні потоки						
4.40	Нависні карстові озера						
4.41	Висхідні води: опреснені, мінеральні						
4.42	Друмлисті ґрунти: карбонатні, некарбонатні						
4.43	Підземні води: мінеральні, сірководні						
4.44	Підземні води: мінеральні, сірководні						
4.45	Нависні озера: Главо, Ізюмське, Брешівське						
4.46	Нависні озера: Ізюмське, Брешівське						
4.47	Степний ґрунти, дерновинні, дерново-підзолисті						
4.48	Висхідні водні потоки						
4.49	Нависні карстові озера						
4.50	Висхідні води: опреснені, мінеральні						

Рис. 3.3. Карта інженерного ризику території Львівської області (відповідно до масштабу 1:500 000) (Г.І.Рудько, Г.К.Папусев, П.І.Козак, 1990)

жиріччя Дністра і Стрия і до Берегової та частково Орівської лусок і простягається від басейну р.Сукіль до Бориславського перетину (по лінії Борислав – Новий Кропивник – Рибник). Загальна кількість зсувів 346, загальна площа таксону – 1485,15 км². Ступінь ураженості – 5,51%. Зсуви представлені такими типами: зміщення – 26 стабілізованих, загальною площею 6,23 км², тимчасово стабілізованих – 28, загальною площею 6,3 км²; ковзання – стабілізованих – 35, загальною площею 9,46 км², тимчасово стабілізованих – 38, загальною площею 9,69; течії, – активний зсув 1, площа – 0,34 км²; стабілізованих – 138, загальною площею 31,98 км², тимчасово стабілізованих – 77, загальною площею 17,27 км².

Область середньо- та низькогірських масивів Вододільно-Верховинських Карпат (Ж-III) розміщена у центральній частині Карпат і відповідає структурно-тектонічній зоні Кросно. Загальна кількість зсувів 253, загальна площа таксону – 1468,87 км². Ступінь ураженості – 3,98%. Зсуви представлені такими типами: зміщення – 8 стабілізованих, загальною площею 2,08 км², тимчасово стабілізованих – 6, загальною площею 1,44 км²; ковзання – стабілізованих – 31, загальною площею 7,05 км², тимчасово стабілізованих – 20, загальною площею 5,12; течії – стабілізованих – 138, загальною площею 31,70 км², тимчасово стабілізованих – 50, загальною площею 11,02 км².

Ця картографічна модель дозволяє досить умовно визначити реальні просторово-часові закономірності розвитку зсувів у зв'язку з наступними факторами:

– геоморфологічні умови, які покладені в основу виділення геоморфологічних областей, не є критеріальними чинниками як розвитку, так і активізації зсувів. Вони можуть бути тільки відповідними умовами при інших сприятливих показниках розвитку зсувних геосистем. Це так само стосується інших небезпечних геологічних процесів (у першу чергу карсту). (Г.І.Рудько, 2002, 2005, 2007).

– не враховані фізико-механічні показники зсувних геосистем, які є вирішальними (вкупі з реологією ґрунтів) при формуванні основного деформуючого горизонту (ОДГ). Не врахування цього фактора робить абсурдною ідею розділення зсувів як за механізмом, так і за динамікою.

– однозначно некоректним є такий показник, як площа зсувної геосистеми. Площа зсуву – це чисто морфологічний показник, який не характеризує ніяких динамічних чинників. Таким чинником є об'єм зсувних відкладів. За цими критеріями дана карта (додаток Е) досить умовно характеризує умови розвитку зсувів.

3.2. Методичні основи районування за умовами виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених розвитком зсувів (відповідно до масштабу 1:200 000)

Для зсувонебезпечних територій Передкарпатського прогину та Східно-європейської платформи визначені основні чинники механізму втрати міцності глинистих порід при формуванні зсувів. При зволоженні глинистих порід відбувається їх перехід з твердого у м'якопластичний стан за рахунок збільшення міжплощинної відстані між базальними поверхнями монтморилоніту від 15Å^0 до 24Å^0 . Морфологічні особливості зсувних схилів при історичному розвитку не створюють передумов для активізації за винятком зміщення делювію у вигляді пластичних деформацій. Катастрофічне зміщення відбувається за рахунок підрізки схилу (сс. Раденичі, Долиняни, м. Судова Вишня та ін.).

У межах Карпатської гірськоскладчастої області значну роль у розвитку небезпечних геологічних процесів відіграють ослаблені зони (кут внутрішнього тертя 10° і зчеплення 0,009–0,014 МПа). Такі зони є потенційним дзеркалом ковзання більшості як древніх, так і сучасних зсувів складчастих Карпат.

Вперше розраховано модель формування гігантських зсувів у межах Карпатської гірськоскладчастої області, яка полягає у втраті міцності масиву глинистих порід при його навантаженні пісковиками. На основі польових досліджень, натурних і лабораторних експериментів визначені основні механізми розвитку та катастрофічної активізації зсувів. Розраховані сценарії катастрофічної активізації зсувів для складчастих Карпат, платформного і перехідного типів геологічного середовища (рис. 1.13) (додаток В).

Сумарний вплив цих факторів обумовлює розрахунок інтегрованого показника оцінки ймовірності виникнення НС, зумовлених розвитком зсувів, хоча сумарний фактор не може використовуватись як розрахунковий чинник.

Райони та ділянки, виділені на картах районування території Львівської області за можливістю виникнення НС, зумовлених розвитком зсувів, супроводжуються базами даних з показників, що використовувались при обґрунтуванні та встановленні меж і оцінках ступеня ймовірності виникнення НС під впливом активізації НГП (додаток Ж). Вказані дані в бази вносилися у вигляді середніх, довідкових значень, які в подальшому можуть корегуватися за результатами моніторингу та необхідних додаткових досліджень.

Поєднання вищевказаної фактографічної бази даних разом із картографічною базою даних умов розвитку зсувів за допомогою інструментарію ГІС-середовища MapInfo дозволяє в автоматичному режимі створити результуючі карти щодо можливості виникнення НС, зумовлених розвитком зсувів, у межах адміністративних кордонів Львівської області (додаток Ж).

Дані карти є легкоредатованими та динамічними стосовно оперативного відображення сучасного стану геологічного середовища за умови змін якісних та кількісних показників основних критеріїв оцінки небезпечності виникнення НС у межах ділянок розвитку зсувів. Слід також зауважити, що із збільшенням числа вищезазначених критеріїв, відповідно зростає вірогідність картографічної продукції. Значимість цього факту особливо важлива при дослідженнях НГП на локальному рівні, що і зроблено дисертантом.

Створення вищезгаданої картографічної моделі масштабу 1:200 000 дозволяє в реальних умовах досить наближено визначити вірогідність надзвичайних ситуацій (НС).

Для вдосконалення системи в роботі запропоновано в комплексі з регіональною картою виникнення НС у межах зсувонебезпечних територій будувати карти безпеки розвитку зсувних геосистем адміністративних районів м-бу 1:50 000–1:25 000.

3.3. Оцінка зсувного ризику в межах зсувних геосистем Львівської області

Досліджувані території представлені зсувами різних генетичних типів: структурними, структурно-пластичними, пластичними. Для розрахунків зсувного ризику використаємо такі початкові дані:

- площа території Львівської області $S = 21,8$ тис. км²;
- населення Львівської області 2591 тис. осіб (2006 р.);
- щільність населення відповідно становить 119 осіб/км².

Оцінимо такі типи ризиків: *індивідуальний, соціальний, економічний та питомий* для області акумулятивно-денудаційної рівнини Передкарпатської височини, Сансько-Дністровської вододільної височини, області складчастих середньо- та низькогірських масивів зовнішніх Карпат.

1. **Територія області акумулятивно-денудаційної рівнини Передкарпатської височини.** Площа території області акумулятивно-денудаційної рівнини становить – 6,4 тис. км², у її межах закадастровано 334 зсуви, загальна площа уражена зсувами 66,59 км² (0,067 тис. км²), ступінь ураженості території – 1,04%.

Використовуючи початкові дані, розрахуємо площу задіяну одним зсувом (S_{33})

$$S_{33} = 66,59 \text{ км}^2 / 334 = 0,199 \text{ км}^2.$$

Кількість населення в межах зсувонебезпечних ділянок становить: $6403,27 \text{ км}^2 \cdot 119 \text{ чол./км}^2 = 761989$ осіб.

2. **Територія Сансько-Дністровської вододільної височини.** Площа території області акумулятивно-денудаційної рівнини становить – 1,89 тис. км², у її межах закадастровано 292 зсуви, загальна площа уражена зсувами 57,81 км² (0,058 тис. км²), ступінь ураженості території – 3,07 %.

Використовуючи початкові дані, розрахуємо площу задіяну одним зсувом (S_{33})

$$S_{33} = 57,81 \text{ км}^2 / 292 = 0,198 \text{ км}^2.$$

Кількість населення в межах зсувонебезпечних ділянок становить:
 $57,81 \text{ км}^2 \cdot 119 \text{ чол./км}^2 = 6880 \text{ осіб.}$

3. Територія області складчастих середньо- та низькогірських масивів Зовнішніх Карпат. Площа території області акумулятивно-денудаційної рівнини становить – 2,47 тис. км², у її межах закадастровано 629 зсуви, загальна площа уражена зсувами 153,86 км² (0,154 тис. км²), ступінь ураженості території – 6,2 %.

Використовуючи початкові дані, розрахуємо площу задіяну одним зсувом
 (S_{зз})

$$S_{зз} = 153,86 \text{ км}^2 / 629 = 0,245 \text{ км}^2.$$

Кількість населення в межах зсувонебезпечних ділянок становить:
 $153,86 \text{ км}^2 \cdot 119 \text{ чол./км}^2 = 18309 \text{ осіб.}$

4. Територія району низькогірського рельєфу північних крайових хребтів. Площа території області акумулятивно-денудаційної рівнини становить – 1,49 тис. км², у її межах закадастровано 346 зсуви, загальна площа уражена зсувами 82,099 км² (0,082 тис. км²), ступінь ураженості території – 5,51%.

Використовуючи початкові дані, розрахуємо площу задіяну одним зсувом
 (S_{зз})

$$S_{зз} = 82,099 \text{ км}^2 / 346 = 0,237 \text{ км}^2.$$

Кількість населення в межах зсувонебезпечних ділянок становить:
 $82,099 \text{ км}^2 \cdot 119 \text{ чол./км}^2 = 9770 \text{ осіб.}$

5. Територія області середньо- та низькогірських масивів Вододільно-Верховинських Карпат. Площа території області акумулятивно-денудаційної рівнини становить – 1,47 тис км², у межах закадастровано 253 зсуви, загальна площа уражена зсувами 58,506 км² (0,059 тис. км²), ступінь ураженості території – 3,98 %.

Використовуючи початкові дані, розрахуємо площу задіяну одним зсувом
 (S_{зз})

$$S_{зз} = 58,506 \text{ км}^2 / 253 = 0,231 \text{ км}^2.$$

Кількість населення в межах зсувонебезпечних ділянок становить:
 $58,506 \text{ км}^2 \cdot 119 \text{ чел./км}^2 = 6962 \text{ особи}$.

Для орієнтовної оцінки ризику від зсувів у межах досліджуваних територій зробимо певні припущення: всі зсуви в межах досліджуваної території відносяться до процесів 5 категорії загрози (масові жертви на обмежених площах, кількість жертв до 25 чоловік), періодичність таких зсувів становить приблизно 1 зсув на 75 років (частота виникнення загрози 0,013 випадків/рік), кількість населення рівномірно розташована по всій досліджуваній території, 1000 у.о. – припустима щільність національного багатства на один км^2 території.

1) Індивідуальний ризик.

$$R_i(H) = 0,013 \cdot 1 \cdot 0,25 = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ чел./чол.рік),}$$

де $R_i(H)$ – індивідуальний ризик загинути від загрози H ; 1 – соціальна вразливість у часі (вірогідність знаходження мешканців у зоні ураження); 0,25 – ступінь соціальної вразливості для зсувів 5 категорії загрози.

Для всіх досліджуваних територій в цих розрахунках індивідуальний ризик однаковий. Він залежить лише від соціальної вразливості категорій населення.

2) Соціальний ризик становить:

$$R_s(H) = R_i(H) \cdot D_p, \quad (3.1)$$

де $R_s(H)$ – повний соціальний ризик загинути від загрози H , який дорівнює кількості смертельних випадків від цієї загрози протягом року; D_p – загальна кількість населення в межах оцінюваного об'єкта (щільність населення \times площа уражена всіма зсувами) (табл. 3.1)

Таблиця 3.1

Район	Площа уражена зсувами, тис. км^2	Кількість населення в межах оцінюваного об'єкта, осіб	$R_s(H)$, осіб/рік
Область акумулятивно-денудатійної рівнини Передкарпатської височини	0,067	761989	24,7

продовження табл. 3.1

Сансько-Дністровська вододільна височина	0,058	6880	22,4
Область складчастих середньо- та низькогірських масивів Зовнішніх Карпат	0,154	18309	59,5
Район низькогірського рельєфу північних крайових хребтів	0,082	9770	31,8
Область середньо- та низькогірських масивів Вододільно-Верховинських Карпат	0,059	6962	22,6

3) Економічний та питомий ризики втрат від загрози зсувів.

$$R_e(H) = 0,013 \cdot 0,5 \cdot (1000 S), \quad (3.2)$$

де R_e – економічний ризик втрат від загрози зсувів; 1000 – припустима щільність національного багатства на один км² території, у.о.; S – площа уражена зсувами.

$$R_{se}(H) = R_e(H) / \text{площа уражена зсувами}, \quad (3.3)$$

де $R_{se}(H)$ – економічні втрати з одиниці площі; 0,5 – фізична вразливість для зсувів п'ятої категорії (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Район	Площа уражена зсувами (S), тис. км ²	$R_e(H)$, у.о./рік	$R_{se}(H)$, у.о./км ² рік
Область акумулятивно-денудаційної рівнини Передкарпатської височини	0,067	0,4	6,5
Сансько-Дністровська вододільна височина	0,058	0,4	
Область складчастих середньо- та низькогірських масивів Зовнішніх Карпат	0,154	1,0	
Район низькогірського рельєфу північних крайових хребтів	0,082	0,5	
Область середньо- та низькогірських масивів Вододільно-Верховинських Карпат	0,059	0,4	

Примітка: 1 у.о. = 1000 доларів США.

Наведені приклади розрахунку ризиків ураженості зсувами в межах Львівської області прямо залежать від початкових даних, проте дають можливість співставляти досліджувані території за інтенсивністю ураженості зсувними процесами.

Вищевикладені методичні основи розрахунку ризику дозволяють здійснити екологічне страхування споруд та інженерних комунікацій.

3.4. Методичні основи районування за умовами виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених розвитком карсту

Розглядаються регіональні та локальні умови розвитку карсту в межах карстосфери Львівської області відповідно до масштабу 1:200 000 (регіональний рівень) та 1:50 000 та 1:25 000 (локальний рівень).

Принципи регіонального картування базуються на виділенні двох геоструктурних регіонів: Волино-Подільський плитний комплекс платформного типу геологічного середовища (А) та Карпатської гірськоскладчастої області і Передкарпатського прогину гірськоскладчастого та перехідного типу геологічного середовища. В межах геоструктурних регіонів за геоморфологічними ознаками (Рудько, 1994) виділені інженерно-геологічні комплекси.

В межах Східноєвропейської платформи (А) на території виділяються фрагменти морфоструктур другого порядку (областей) – акумулятивно-денудаційна рівнина Волино-Малополіська (А-І) та структурно-денудаційної рівнини Подільської височини (А-ІІ), а в межах Карпатського регіону (Ж) відповідно – акумуляційно-денудаційні рівнини Передкарпатської височини (Ж-І).

Положення меж загальних таксонів (регіони, області) базується на матеріалах комплексу інженерно-геологічних карт масштабу 1:500 000–1:200 000 (Рудько, 1994, 1996).

Межі таксонів виділені за наявності гірських порід, що карстуються, в межах геологічного розрізу і взяті з геологічних карт масштабу 1:200 000 – 1:50 000 з урахуванням існуючого районування карстових областей України по Іванову. В межах Львівської області виділяються наступні інженерно-геологічні області і райони:

- карбонатного карсту;
- змішаного карсту;
- сульфатного карсту;
- галогенного карсту.

Відповідно до глибини залягання відкладів, що карстуються, потужності та літологічного складу перекриваючих порід виділяється відкритий карст (до 2 м), покритий (перекритий осадовими незцементованими відкладами більше 2 м) та перекритий (перекритий осадовими зцементованими відкладами 2 м) (за Б.М.Івановим).

На карті підрайони позначені великими буквами після індексів відповідно регіону, області, району наприклад (Ж-І-1-а). Характеристика підрайонів за літологічним складом та потужністю, обводненістю, водопровідністю і фільтраційними показниками відкладів, що перекривають карстовані породи приведені в експлікації до карти (додаток 3).

Для оцінки критеріїв небезпечності щодо виникнення НС приймається таксон, який відповідає підрайону.

Для оцінки ступеня небезпечності виникнення НС під впливом розвитку карсту розраховувались основні статичні та всі динамічні фактори.

Оцінка ступеню небезпечності ділянки щодо виникнення НС базується на визначенні літологічного складу відкладів, що перекривають карстовані гірські породи, обводненості гірських порід, що перекривають карстовані відклади, водопровідності та їх фільтраційних властивостях, потужності порід, що залягають над закарстованою товщею.

Враховуючи те, що запропоновані критерії оцінки небезпечності виникнення НС у межах ділянок розвитку карсту не дають змогу реально відобразити ступінь ризику виникнення небезпечних процесів, пов'язаних з проявами карсту, запропоновано при оцінці ступеня небезпечності території враховувати наявність та розповсюдження активних карстових воронок. Бальна оцінка підрайонів розвитку активних карстових воронок дорівнює 5 балам.

Відповідно до наявності в геологічному розрізі карстованих гірських порід на території області виділяються наступні райони: в межах Подільської височини – район розповсюдження змішаного (А-II-1) та карбонатного (А-I-1) карсту, а в межах Передкарпатської височини – район галогенного (Ж-I-1) та сульфатного карстів (Ж-I-2).

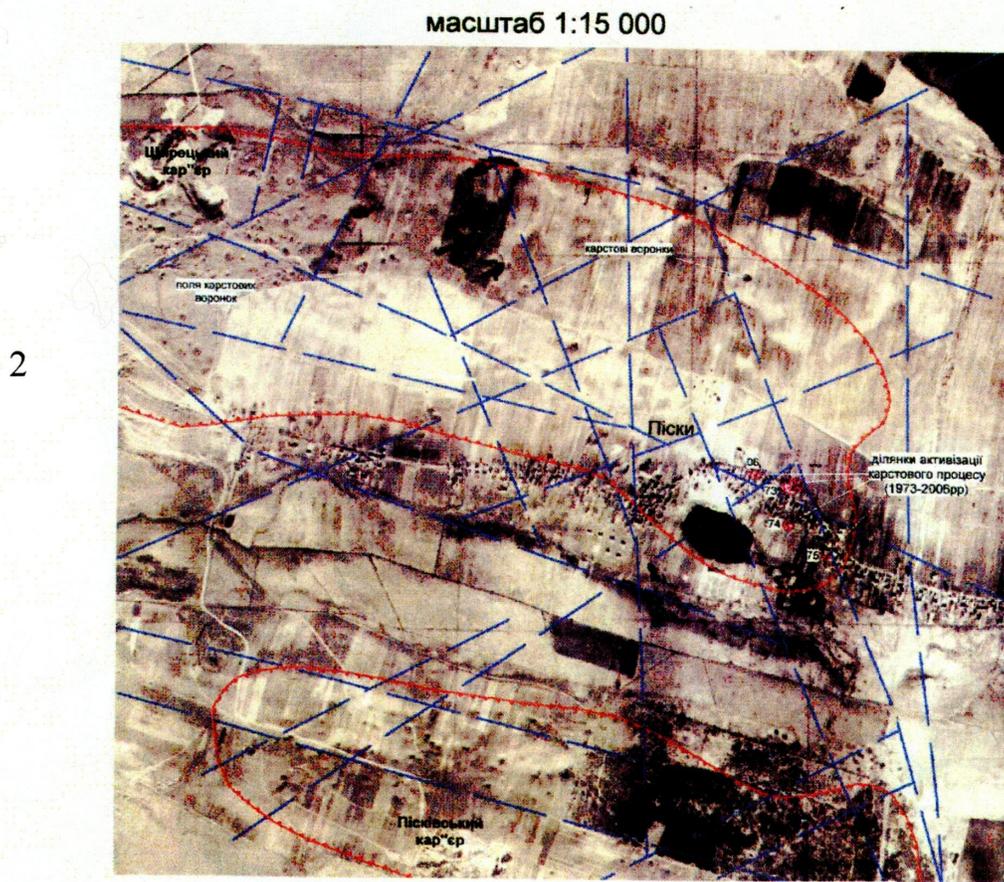
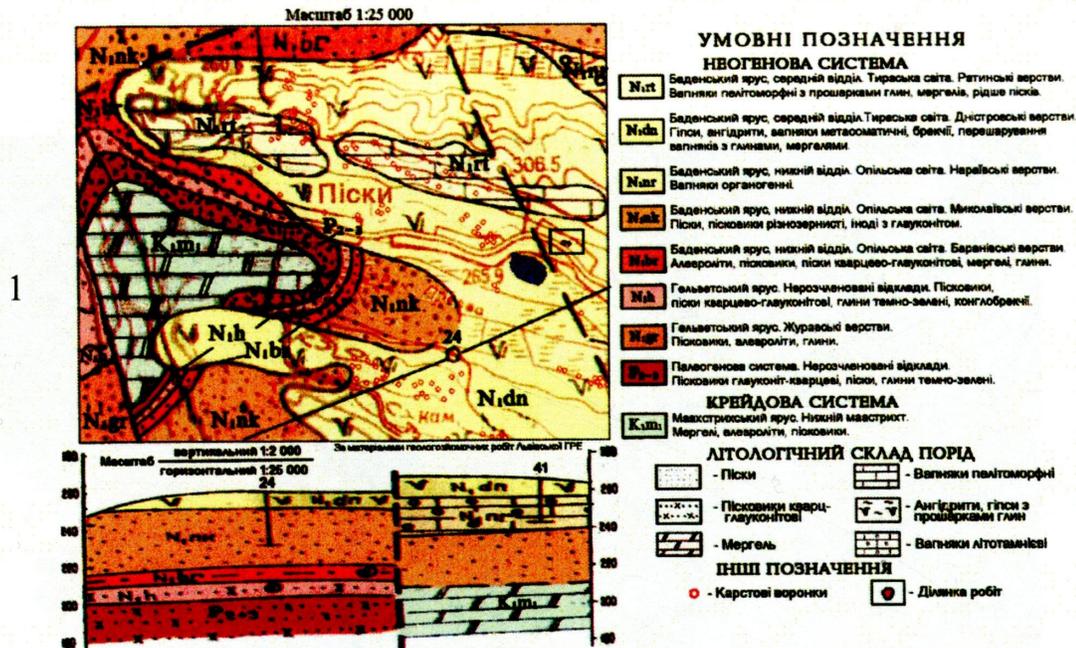
Район розповсюдження карбонатного карсту (А-I-1) займає північну частину Львівської області і знаходиться в межах Волино-Малополіської акумулятивно-денудаційної рівнини. Геологічним середовищем для розвитку карсту є карбонатні породи верхньої крейди. Карст у крейдяно-мергельних відкладах верхньої крейди характеризується широким площинним розповсюдженням. На теперішній час не відмічається активізація карбонатного карстового процесу.

У зв'язку з незначним вертикальним розчленуванням рельєфу водообмін в товщах, що карстуються, уповільнений. Тому активність карстоутворення досить невисока. Але висока водопроникність карбонатних порід за рахунок тріщинуватості вапняків і їх пористості, рихлості крейди-мергелевих порід сприяє їх розчиненню. Потужність зони активного водообміну 50–100 м. Техногенний вплив на карст здійснюється через забруднення ґрунтів різноманітними хімікатами.

Район розповсюдження змішаного карсту (А-II-1) знаходиться на південний захід від вище описаного і розташовується в межах структурно-денудаційної рівнини Подільської височини. Район характеризується практично суцільним площинним розповсюдженням порід, що карстуються, вони розрізняються за віком, літологічним складом, потужністю та іншими ознаками.

В межах району розповсюдження змішаного карсту переважають підрайони розповсюдження перекритого і відкритого карстів і в значно меншій кількості покритого карсту (додаток 3). Найзначніші площі розповсюдження відкритого карсту спостерігаються в районі населених пунктів Шкло, Підлуби, Сердиця, Піски (рис. 3.4–3.6).

Район розповсюдження сульфатного карсту (Ж-I-2) знаходиться в межах акумуляційно-денудаційні рівнини Передкарпатської височини, має досить обмежене розповсюдження і простежується вздовж структурної межі Східноєв-



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- тектонічні порушення
- ділянки розвитку поверхневого карсту

Рис. 3.4. Геолого-тектонічні умови розвитку сульфатного карсту у с. Піски.
 1. Геолого-тектонічні умови розвитку карсту.
 2. Карстологічна обстановка в районі с. Піски (за даними дешифрування аерофотознімків).



Рис. 3.5. Сульфатний карст в с. Піски. Руйнування житлових споруд в результаті карстопровальних процесів.



Рис. 3.6. Активізація сульфатного карсту в с. Піски

ропейської платформи та Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Закономірності розвитку карсту в даному районі визначаються фрагментарним, переривчастим розповсюдженням порід, що карстуються. Сульфатні породи неогену, які є основними карстуючими відкладами, розповсюджені по всій Більче-Волицькій зоні і залягають суцільним ореолом. Але під вплив агентів карстоутворення вони підпадають лише на окремих ділянках, які пов'язані з припіднятими блоками та структурно-текстурною особливістю карстуючих порід.

Гідрогеологічні умови розвитку карсту в гіпсовій товщі закономірно змінюються в напрямку від платформи до прогину.

Господарська діяльність впливає на активність карстового процесу, головним чином, техногенною зміною гідрогеологічних умов. Ця зміна виражається в активізації водообміну по всій товщі водовмісних порід з захопленням вод із суміжних водоносних горизонтів і поверхневого стоку. При цьому, у зв'язку з міграцією у гіпси маломінералізованих вод, різко підвищується їх сульфатна агресивність.

Карст у сульфатних відкладах представляє найбільшу небезпеку при господарському освоєнні території, через особливості його розповсюдження і умови активізації.

Район розповсюдження галогенного карсту (Ж-І-1) для акумулятивно-денудаційної рівнини Передкарпатської височини характерний комплекс моласових відкладів, який визначає парагенезис екзогенних геологічних процесів. Наявність галогенних відкладів у розрізі молас, які перекриті гідрофільними глинами, сприяє розвитку екзогенних геологічних процесів, які проявляються у вигляді соляного карсту і обумовлених, переважно, техногенним порушенням рівноваги в природній системі. Розвиток соляного карсту спостерігається в смугі розповсюдження соленосних порід як на денній поверхні, так і під землею, особливо в процесі розробки соляних родовищ.

На території Львівської області проведено оцінку небезпеки виникнення НС у межах розвитку карсту в відповідності з критеріями передбаченими "Тимчасовими методичними положеннями....". Території значного ризику (більше 24

балів), пов'язані з розвитком сульфатного та змішаного карсту і знаходяться, переважно, вздовж тектонічної межі прогину та платформи. Смуга значного ризику в межах зони контакту платформи і прогину, пов'язана з різкою зміною гідрогеологічних умов, що обумовлює різке збільшення швидкості карстової денудації. Мають місце випадки розвитку природно-історичного сульфатного карсту.

Район розповсюдження карбонатного карсту в межах Волино-Малополіської акумулятивно-денудаційної рівнини характеризується наявністю ділянок ризику (16–24 бали) та потенційного ризику (8–16 бали) розвитку карсту і пов'язаних з ним НС.

За умовами розвитку карсту та пов'язаних з ними НС територія розповсюдження галогенного карсту відноситься до потенційного ризику. Це районування має дискусійний характер.

3.5. Кризовий моніторинг техногенно-активізованого сульфатного карсту в межах сірчанних родовищ та керований контроль трансформації гірничо-промислового комплексу в рекреаційний

Активізація сульфатного карсту призвела до зміни інженерно-геологічних умов території, що входить в зону техногенного впливу кар'єру. Вони пов'язані з порушенням земної поверхні як основи для інженерних споруд і комунікацій, втрат сільськогосподарської площі завдяки виїмці гірської маси з кар'єрів і перевідкладення її на нові місця та деформації поверхні на ділянках інтенсивного карстоутворення.

Гіпсоангідрити східної частини Яворівського родовища прорізані вузькими древніми долинами, що співпадають із сучасною гідромережею. Долини заповнені глинами і четвертинними відкладами провального і нормально-осадового типу. Міждолинні цілики пронизані лабіринтом печер, які продовжують розширюватися внаслідок розчинення. Весь масив гіпсоангідритів поступово

осідає під вагою порід, що їх перекривають, і розчавлюють цілики між порожнинами.

Підземні природно-історичні та техногенно-активізовані карстові форми різко переважають над поверхневими. Механізм провалоутворень залежить від літологічного складу і потужності покривних порід та гідрогеологічних умов. Прояви карсту на земній поверхні займають широку смугу з півночі на південь, яка на сході обмежена виклинюванням порід верхнього баденію, на заході – їх зануренням під потужні покривні відклади.

Всю територію розвитку карсту в районі Язівського сірчаного родовища можна поділити на три зони:

1. Зона відсутності ратинських вапняків і гіпсоангідритів на сході території. В її межах виділяються: ділянки літотамнієвих вапняків, що слабо карстуються, і ділянки відсутності порід, які здатні карстуватись взагалі.

2. Зона інтенсивного прояву карсту на земній поверхні, що пов'язана з крайовою частиною поширення ратинських вапняків і гіпсоангідритів, де вони мають припідняте залягання. Ділянки: Воля-Старицьке і Стадниківське підняття (на вододілах розповсюджені крупні старі карстові форми); тектонічно послаблені зони вздовж долин р. Шкло, Терешка, Пила.

3. Зона глибокого залягання порід, що карстуються, на заході території. За літологічними умовами тут виділяються площі поширення: ратинських вапняків; гіпсоангідритів; ратинських вапняків і гіпсоангідритів, у межах яких спостерігаються ділянки: відсутності та наявності косівських глин; відсутності косівських глин; малої потужності косівських глин; підвищеної потужності косівських глин. За геоморфологічними умовами виділяються: днища долин, схили і дільниці вододілів, що прилягають до долин, вододільний простір.

На формування поверхневих карстових форм вплинуло зняття гідродинамічних напорів унаслідок заміни висхідної циркуляції підземних вод низхідною циркуляцією агресивних прісних атмосферних, річкових і озерних вод та послаблення стійкості покрівлі порід, що карстуються, спорудження на закарстованих територіях водосховищ, відстійників відпрацьованих промстоків та ін-

ших скупчень великих мас води. Щорічно, починаючи з 1974 р., виникало по 10–20 провалів на днищі водосховища Новий Яр; дамбах, поблизу дамб і вздовж залізничної колії.

В умовах зчленування Східноєвропейської платформи і Передкарпатського передового прогину в межах смуги гіпсоангідритів досліджуваного комплексу виділяються наступні деформації земної поверхні (за генезисом): провальні, суфозійні, схилові, просідання, карстово-ерозійні.

Провали здійснюються при досягненні карстовою порожниною під скельними або напівскельними породами, що її перекривають, певного максимального розміру. Утворюється вертикальний колодязь і формується лійка над великими порожнинами за рахунок руйнування покрівлі. Для утворення провалу необхідно певне співвідношення між розмірами порожнин, потужністю товщі, що перекриває сульфати і карбонати та її міцністю. Максимальна зона провалів буде спостерігатися в місцях мінімальної потужності порід покрівлі. Якщо потужність останніх більше 50 м, карст на поверхні, як правило, не проявляється (у сильно закарстованій прикар'єрній зоні Язівського родовища, через яку в гірничу виробку прорвались води водосховища Новий Яр, велика потужність глин сприяє стабільності поверхні провалів). Провідними техногенними факторами утворення провалів є локальне підвищення рівнів ґрунтових вод у результаті заповнення водосховищ і пониження напору підземних вод рудовмісного комплексу в результаті осушення кар'єру.

Суфозійні лійки виникають на ділянках відсутності в покрівлі скельних і напівскельних порід (у долинах рік). Суфозія на певний період самозаліковує порожнини. З часом вона поновлюється знову в результаті нового розчинення порід або виносу заповнювача. Фактично такі лійки утворюються над мережею тріщин, що періодично промиваються (середня частина р. Шкло).

Схилові деформації виникають в місцях нахилу сульфатних порід у сторону долини. Внаслідок утворення зсувів на поверхню виходять відкриті тріщини в гіпсоангідритах, по яких вода виносить пісок у карстові порожнини.

Просідання масиву порід гіпсоангідритів відбувається постійно мірою зменшення і роздавлювання ціликів між печерами. Нерівномірність просідання викликає напруження в будівлях і спорудах.

Ерозійні карстові форми пов'язані, головним чином, з ділянками, де за рахунок інженерних заходів був забезпечений збір великих об'ємів поверхневих вод, що поглинаються активізованими карстовими понорами (водосховище Новий Яр).

Утворення просядок і провалів у покривних товщах у результаті водовідбору карстових вод у сірчаних кар'єрах характеризуються особливостями:

1. Пониження рівнів і напорів карстових вод у результаті експлуатації родовищ в області покритого сульфатного карсту Передкарпаття призвело до істотного порушення природної гідродинамічної обстановки. Змінився режим фільтрації, напрямку і швидкості руху підземних вод (зони розвантаження стали зонами живлення), створилися сприятливі умови для низхідної фільтрації (додаток Т).

2. З початком відкачки карстових вод з водоносного горизонту і пониженням їх рівнів (напорів) співпала активізація провалів і понижень у покривній товщі; причому кількість і частота провалів та понижень зростає мірою збільшення амплітуди та швидкості пониження напору підземних вод.

3. Під час руху підземних вод з покривних відкладів через слабопроникливі шари та ослаблені зони до водоносного горизонту, з якого ведеться відкачка, виник гідродинамічний тиск, який при значних напорах викликає розвиток фільтраційних деформацій, що є причиною порушення стійкості порід покривної товщі та утворення провалів і понижень на поверхні.

4. Утворення провалів і понижень носить вибірковий характер (на ділянках, де гідродинамічний тиск досягає критичних значень).

5. Провали і пониження на поверхні покривної товщі не завжди співпадають з наявністю відкритої карстової порожнини на глибині. Часто закарстована товща на таких ділянках має розгалужену мережу мілких порожнин, закарстованих тріщин, що здатні приймати і транспортувати піщано-глинистий матеріал, що виноситься підземним потоком з покривної товщі.

6. За сприятливих умов провали і пониження виникають на ділянках, де закарстовані породи залягають на великих глибинах під глинистою покривною товщею.

Перші та найбільші провали в результаті відкритої відробки сірчаних руд з'явилися у долині р. Шкло в районі санаторію. Надалі цей процес активізувався на північний і південний схід у долинах р. Терешка, Гноєнець. Захоплення нових територій супроводжувався розчиненням в її межах порід і насиченням підземних вод, що зменшувало їх подальшу агресивність і сприяло тимчасовій стабілізації провалоутворень.

Польові обстеження дозволили поділити карстові форми рельєфу за розміром, генезисом і відносним віком на лійки, карстово-ерозійні западини і карстові поля. Лійки утворюються в результаті карстово-обвальних, карстово-ерозійних та змішаних провалів і просідання землі. В плані вони переважно чашо- і блюдцеподібні, рідше – конусоподібні (на початковій стадії розвитку). Великі карстові лійки є результатом повторних провалів і просідання земної поверхні. Крупні складні карстово-ерозійні западини протягом тривалого часу формуються поступово на місці групи скупчень карстових лійок. На окремих ділянках середньої течії р. Шкло, Терешка, північно-східної частини водосховища Новий Яр карстові лійки об'єднані загальним пониженням у карстові поля (рис. 3.7).

Ураженість карстом обстеженої території залежить від потужності порід, що карстуються, та їх глибини залягання; потужності та типу покривних порід (якщо більше 70 м – карстові лійки виявляються в поодиноких випадках у місцях переважання в розрізі піщаних відкладів). Карстові форми на території Язівського родовища поширені дуже нерівномірно. Вони сконцентровані в основному в східній і південно-східній частинах території, де в межиріччі Шкло і Терешка на невеликій ділянці кількість карстових лійок на 1 км² досягає більше 100. В середньому концентрація лійок становить 10–20 на км². У межах Язівського родовища, станом на 1.06.1987 р., спостерігалось 937 карстових провалів й

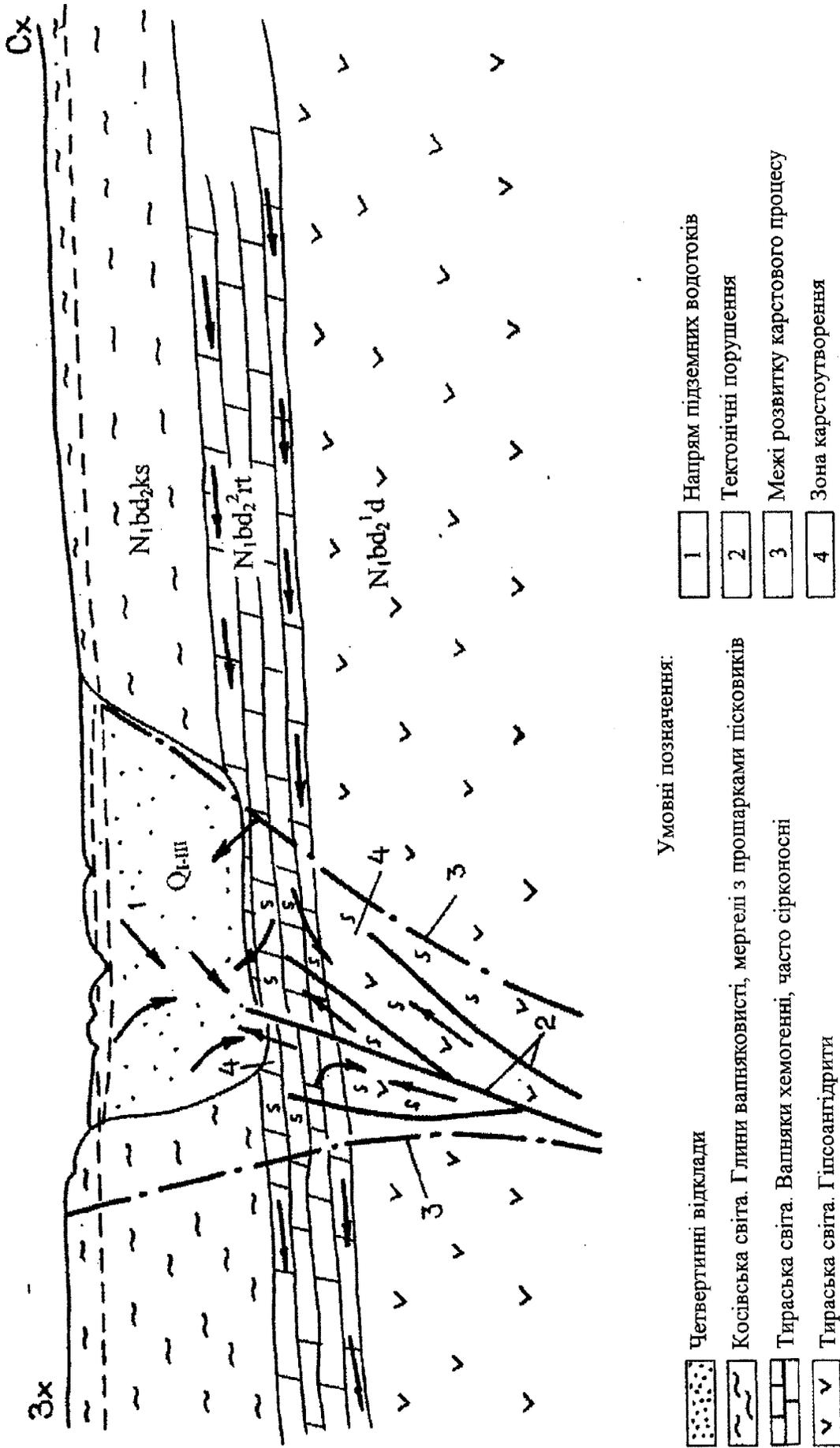


Рис. 3.7. Схема карстоутворення на ділянці втрапи стоку р. Шкло (Г.І.Рудько, А.М.Гайдін. 1998)

інших форм різного віку. На основі польових досліджень 2000–2006 рр. вже виявлено понад 1000 поверхневих форм.

Карстові провали, як правило, мають невеликі розміри, здебільшого 5–6 м (максимум 20–30 м) в діаметрі і до 2 м (максимум 5–10 м) глибини, рідше – з діаметром до- і понад 80 м, глибиною до 20 м (водосховище Новий Яр, санаторій Шкло). Простежується закономірне збільшення кількості та зменшення діаметрів лійок на ділянках з меншою потужністю відкладів, що залягають над товщею, яка карстується. При великих потужностях порід кривлі формуються крупні провали.

Старі лійки діаметром 100 м і більше є, ймовірно, результатом не одного крупного провалу, а росту протягом тривалого часу внаслідок повторних провалів і просідань поверхні. При ерозійному розмиві лійки зникають, утворюючи котловини або інші більш складні форми. В долині р. Шкло у 1974–1976 рр. утворилося карстове поле, яке має розміри понад 200х400 м. Тут існує більше 170 карстових лійок, в основному блюдцеподібних і чашоподібних форм, розміром від 3 до 27 м і глибиною 0,2–3,2 м. Навколо лійок, частіше по їх краю, а також між лійками спостерігаються тріщини шириною 0,2–1,3 м і глибиною до 2–3 м, в стінках яких відслонюється торф.

Частина карстово-ерозійних западин, карстових лійок і провалів утворилася до початку розробки Язівського сірчаного родовища. У зв'язку з водопонижувальними роботами на Язівському кар'єрі процес активізувався провалоутворення. Вздовж долин рік Шкло, Терешка, Пила, Гносенець, Хомечки виникли десятки та сотні карстових провалів та поля карстових лійок; більше двох десятків у різних місцях с. Шкло, декілька провалів на території курорту Шкло внаслідок приуроченості зони до тектонічних порушень і тріщинуватості.

Систематичні карстологічні обстеження району показали, що за період з 1978 по 1986 рр. утворилося 243 лійки. Найактивніші процеси карстоутворення були в 1979 і 1982 рр. (48 і 86 лійок, відповідно). Вивчена залежність утворення карстових лійок від величини водовідливу із кар'єру та кількості атмосферних опадів. Максимальна кількість карстових лійок утворилася в 1979, 1982 і 1985

рр., коли ці фактори були в максимумі. Послаблення і активізація карстопровальності в 1978–1982 роках (27–48 ліжок на рік) свідчать про вибірковість техногенного карсту. Польовими обстеженнями, виконаними в період літніх і осінніх злив 1996–1999 рр. зафіксовано свіжі деформації земної поверхні в долинах р. Шкло, Терешка, Пила, водосховищі Новий Яр, на території курорту Шкло. Дослідження дозволили встановити тісний зв'язок між об'ємом атмосферних опадів, водовідливом і кількістю утворених провальних та інших за генезисом поверхневих карстових форм.

На основі кризового моніторингу динаміки поверхневих карстових форм створено модель стану геологічного середовища природно-техногенної системи Язівського родовища сірки.

Модель стану ГС ПТС Язівського родовища сірки характеризує умови техногенної активізації сульфатного карсту, його механізм і динаміку на стадії ліквідації системи. В руднику ВГР Яворівського ДГХП "Сірка" здійснювалося поетапно експлуатація родовища Центральним кар'єром (1974, 1978, 1982 рр.), потужністю – 8,15 млн. т сірчаної руди і Південним (1985 р.) – потужністю 2,7 млн. т.

Язівська ділянка представляє умови третьої тектоерозійної зони, які сильно змінені в результаті техногенного впливу (кар'єрного водовідливу): сформована депресійна лійка (в межах якої знижені напори), активізований водообмін. За характером карстопроявів вона умовно поділена на три зони: 1) Північна частина. Характеризується відсутністю можливої інфільтрації завдяки великій потужності косівських глин і їх добрій водостійкості. Процес карстоутворення відбувається за рахунок висхідного руху підземних вод. 2) Північно-східна і південно-східна частини. Характеризуються підвищеною водопроникністю відкладів косівської світи ("гідрогеологічні вікна"). На процеси карстоутворення (з моменту відробки відкритим способом) впливають поверхневі води. Зони закарстованості приурочені до русел річок Шкло, Гноєнець, Терешка та ін. 3) Південно-східна і крайня західна частини. Спостерігається збільшення водопроникності косівських відкладів.

Процес зміни гідрогеохімічних умов на початковій стадії ліквідації Язівського сірчаного кар'єру:

1. Спостерігається загальна активність карстового процесу. Інтенсивність розчинення гіпсів природними водами на Язівському родовищі більша в 10 разів, ніж на стабілізованій Миколаївській ділянці, дані за якою приймаються як фонові для природних умов третьої тектоноерозійної зони (значна інтенсивність розчинення зберігається аж до виходу вод із системи).

2. В цей період перерозподіляється підземний стік у результаті відробки окремих водотоків (поверхневі води повністю поглинаються тріщинами та порами і по готових карстових порожнинах розвантажуються в кар'єр). У результаті цього, на окремих площах зменшується кількість провалів, відбувається їх локалізація на певних ділянках і загальна стабілізація процесу по площі.

3. У межах депресійної лійки відбувся поступовий перехід гіпсоангідри-тів із зони повного обводнення до зони, яка знаходиться вище рівня підземних вод. Пониження напорів на 150 м призвело до посилення формування провалів (процес карстоутворення відбувається в основному за рахунок атмосферних опадів). Контур депресійної лійки розповсюджується на південь.

4. Відмічаються нові ділянки розповсюдження карстового процесу на поверхні (долини рік Терешки і Гноєнець); місця активізації переміщуються вгору по долинам із залученням нових територій вздовж порушених зон.

5. Загалом, активне провалоутворення продовжується в межах долин рік Шкло, Терешка, Гноєнець.

Польові обстеження території встановили наступну приуроченість карстових форм: крупні карстові лійки і карстово-ерозійні западини Воля-Старицького (на північному-заході с. Старичі) і Староязівського підняття (у верхів'ях потоку Руски), прояви карсту в зоні розвитку тектонічних порушень і підвищеної тріщинуватості (вздовж долин р. Шкло і Терешка).

Закономірності розповсюдження і розвиток процесів та явищ, що виникають у покривних породах, дозволили виділити ділянки з їх підвищеною активністю і районувати територію за ступенем карстової небезпеки:

- частини долин, де четвертинні відклади залягають безпосередньо на гіпсах; тип деформацій – суфозійні лійки і карстові поля;
- частини долин і їх бортів, де потужність покривних напівскельних порід недостатня для забезпечення стійкості; тип деформацій – провальні лійки;
- ділянки, на яких поверхня гіпсоангідритів нахилена в бік долин під деяким критичним кутом; тип деформацій – лійки над зонами розтягу;
- ділянки, де потужність напівскельних покривних порід достатньо велика, нахил незначний, але гіпсоангідрити інтенсивно закарстовані та розчиняються підземним водним потоком; тип деформацій – нерівномірне просідання;
- ділянки з відносно монолітними гіпсами і потужною глиною. Деформації не несуть загрози для будинків і споруд.

Таким чином, Язівське родовище знаходиться в умовах активного карстоутворення. Ліквідовуючи дану ПТС, необхідно забезпечити її подальше існування в оптимальних умовах, що виключають подальшу активізацію карстових процесів.

Безальтернативним заходом припинення карстоутворення в зоні впливу Язівського сірчаного кар'єру було затоплення кар'єру. Кар'єр припинив свою роботу в 1994 р. З того часу проводилось відкачування води з кар'єру в кількості до 120 тис. м³ на добу з метою підтримання кар'єру в сухому стані, поки не буде прийняте рішення про його подальшу долю. Затрати на відкачування води з кар'єру становили біля 2,5 млн. доларів США щорічно, з часу зупинки кар'єру ця процедура обійшлась державі біля 20 млн. доларів США. Оскільки вся система відводу повністю виведена з ладу, відкачування вод вели давно, і відкачувана з кар'єру вода безпосередньо попадала на рельєф, після чого значна частина її поверталась в кар'єр, решта в поверхневій водотоки замість призначених для цього водосховища. Було розроблено два проекти затоплення кар'єру. Один з них передбачав екранування водоносних горизонтів, вирівнювання берегів, пе-

ретворених зони кар'єру в рекреаційну зону. Вартість цього варіанта становить 132 млн. доларів США. Коли стало зрозумілим, що такі кошти не знайти, в 2000-2001 рр. було розроблено Гірхімпромом другий варіант проекту, згідно якого затоплення кар'єру передбачалось без екранування водоносних горизонтів і без вирівнювання бортів, відводячи це процесам самолікування природи. Єдиною умовою цього варіанта було забезпечення пропорцій цього змішування підземних кар'єрних високомінералізованих вод з прісними водами поверхневих водотоків шляхом відновлення самоплинного попадання річкових вод у кар'єр. Орієнтовні розрахунки показували, що при такому змішуванні, враховуючи природну седиментацію мінералізованих вод, на кінець затоплення кар'єру (біля 4-х років) на поверхні новоствореного озера буде вода з мінералізацією не вище 1 г/дм^3 , без сірководню, з киснем, придатна як для купання, так і для розведення риби. Вартість проекту становить орієнтовно 25 млн. доларів США на 4 роки. 12 серпня 2001 р. припинилося постачання електроенергії, а відповідно і відкачування води з кар'єру і почалося самозатоплення кар'єру, рівень води в кар'єрі вже досягав відмітки 180 м (на початку мав відмітку 150 м). У кінці серпня 2001 року почалося планомірне затоплення кар'єру. До весни 2002 року виїмку затоплювали підземні води та атмосферні опади. В травні 2002 р. відновлено русло річки Шкло від водосховища Новий Яр до кар'єру і почалося затоплення виїмки водою з річки Шкло. У квітні 2004 р. побудований розподільчий вузол на річці Гноєнець і частина її стоку також спрямована у виїмку [140].

Для контролю за станом геологічного та водного середовищ, атмосфери, рослинного і тваринного світу на відновлених територіях і акваторіях Яворівського ДГХП "Сірка" проектом передбачено проведення комплексного моніторингу, який включає системи спостережень: за станом геологічного середовища, за станом водного середовища, в тому числі підземних вод, за станом атмосфери – гідрометеостанції, приладів для експрес-аналізу повітря, рівня радіації. У 2003–2006 роках моніторингові дослідження проводилися Інститутом гірничохімічної промисловості (ВАТ "ГІРХІМПРОМ") спільно з Яворівським підприємством „Сірка” за методикою, передбаченою проектом і методичними

рекомендаціями Відділення гірничохімічної сировини Академії Гірничих Наук України (ВГХС АГНУ). Результатом досліджень є:

1. Прогнозний розрахунок динаміки затоплення виїмки розходиться з фактичним менше ніж на 1 м (2003 р.); 2004 р. – випереджав прогнозний на 4 м; 2005 р. – на 6 м. Перебіг заповнення суттєво відрізняється від розрахункового. Вірогідно це обумовлено перевищенням опадів над середньорічними, а також надходженням додатково води з рудника підземної виплавки сірки. Об'єм накопиченої води станом на жовтень 2005 р. становив 155 млн. м³. До повного затоплення виїмки (з відмітки 215 до 232 м), коли об'єм досягне 213 млн. м³, залишилося накопичити 58 млн. м³ [53].

2. Спостереження за змінами хімічного складу води співпадають з прогнозом, згідно якому вода в озері після повного заповнення виїмки буде відповідати вимогам до якості питної води. Встановлено, що внаслідок неповного змішування підземних і поверхневих вод якість води у верхніх шарах краща, ніж за прогнозом. Вміст сульфат-йонів зменшився удвічі. Повністю підтверджені уявлення про вертикальну зональність: в верхньому десятиметровому шарі води присутній кисень, відсутній сірководень, вміст марганцю не перевищує ГДК. Зональність хімічного складу води є ідентичною з зональністю глибоких природних озер.

3. Спостереження за зсувними процесами показує, що їх інтенсивність, як і прогнозувалося, зменшується мірою підняття рівня води. Зсуви і опливини на внутрішніх відвалах приводять до гідроізоляції дна кар'єру, де розкриті розчинні породи – гіпсоангідрити. Зсуви не представляють загрози для людей або майна. Однак проведені спостереження носять якісний характер. Для одержання кількісних показників необхідно завершити установку реперів і розпочати систематичні інструментальні вимірювання.

4. Вивчення процесів абразії знаходиться на початковій стадії, оскільки ці процеси ще не набули свого розвитку. В подальшому необхідно опрацювати методику досліджень і розпочати їх з отриманням кількісних показників для кожного з елементів берегової смуги. Рекомендовано враховувати розмив при

визначенні прибережної захисної смуги.

5. Спостереження за лінійною ерозією показали, що передбачені проектом заходи достатні для усунення ерозії в місцях впадіння рік. Однак деінде на схилах спостерігається розвиток ярів. Це може створити проблеми при проведенні робіт з заліснення, при прокладці доріг. Тому необхідно своєчасно виявити вогнища ерозії і провести превентивні заходи, найперше за допомогою схилозакріплювальних насаджень.

6. Ведуться роботи з відновлення мережі гідроспостережних свердловин і проведення вимірів рівня води та відбору зразків води на аналіз. Обґрунтовано в проекті тезу про синхронне підняття рівня води в озері й свердловинах повністю підтверджується, що доводить правомірність моделювання методом зміни стаціонарних станів. Необхідно ущільнити мережу спостережень в районі водозаборів, удосконалити методику відбору та аналізу проб води для попередження підтягування сульфатних вод.

Для спостережень за відновленням напорів підземних вод проектом передбачено буріння системи спостережних свердловин на літотамнієвий, ратинський і четвертинний водоносні горизонти. Пробурені 32 гідроспостережні свердловини, в тому числі на літотамнієвий горизонт 19, на ратинський 7, на четвертинний 6. Виміри рівня води та відбір проб на хімічні аналізи проводить геологічна служба Яворівського ДГХП "Сірка".

Основними факторами, що будуть формувати п'єзометричну поверхню водоносного комплексу, залишаються озеро, рудник ПВС і водозабір. Депресійна лійка навколо озера збереже свою форму, проте пониження рівня відносно природного зменшиться до 13 м замість 100 м при осушенні кар'єру. Депресія навколо водозабору практично не зміниться за формою, проте буде спостерігатися підняття рівня води і розширення області живлення. Очевидно, це приведе до покращення роботи свердловин водозабору.

Між озером і водозабором залишиться вододіл, що виключає фільтрацію води з озера. Також виключається підтягування води зі Староязівського рудника ПВС, оскільки вода з рудника дренається озером. Проте виникають умови для

підтягування водозабором води з території міста Новояворівськ, що створює потенційну небезпеку забруднення. В долині р. Гноєнець, в околицях сіл Бердихів, Лісновичі і Молошковичі, напори води неогенового водоносного комплексу піднімуться на 10 м і будуть приблизно відповідати поверхні землі. Поглинання води з четвертинного водоносного горизонту в неогеновий зменшиться або припиниться.

На всій площі розповсюдження напору він буде нижче поверхні землі, отже відновлення напорів підземних вод визначається рівнем води в озері. На площі розповсюдження депресійної лійки проходить відновлення напорів води. Рівень води піднявся вище покрівлі гіпсоангідритів, що зменшило небезпеку суфозії і карсту. Глибина депресії, яка відраховується від напору води до початку гірничих робіт (245 м), зменшилася з 95 до 35 м. Це означає, що притік води з неогенового водоносного горизонту в озеро зменшився майже в три рази.

Спостереження за змінами хімічного складу води співпадають з прогнозом, якому вода в озері після повного заповнення виїмки буде відповідати вимогам до якості питної води. Вже тепер у верхньому шарі води сірководень відсутній, вміст кисню до 11 мг/л, мінералізація 1500 мг/л і вміст сульфат-іону 750 мг/л. Унаслідок неповного змішування підземних і поверхневих вод якість води у верхніх шарах краща, ніж за прогнозом. Повністю підтверджені уявлення про вертикальну гідрохімічну зональність води в озері. В результаті проведеного комплексу спостережень можна зробити однозначний висновок про те, що завдяки затопленню кар'єру відбувається загальна стабілізація водного режиму. Разом з тим, маршрутними обстеженнями та іншими дослідженнями встановлено, що розглянута ситуація, яка характеризує стан тимчасової стабілізації, потребує подальших сезонних спостережень (вивчення різних умов і факторів, що визначають стійкість карстопровальної території). На сьогоднішній день ГС у межах техногенної активізації карстових процесів можна вважати як таке, що відображає відносну стійкість території і не допускає дій (зволоження або відкачку, створення локальної фільтрації, інтенсивних механічних навантажень і т.д.), що можуть призвести до зміни гідрогеологічних умов.

Аналізуючи нинішній стан п'езометричної поверхні ґрунтових вод, можна побачити, що на сучасному етапі її розвитку між ізогіпсами 235 м та 240 м спостерігається дещо розширена субгоризонтальна площина. В цьому місці депресійна лійка виположується. Саме в ці межі попадає область живлення баденського водоносного комплексу в басейнах річок. Тобто на цей час спостерігається на всій цій протяжності певна динамічна рівність між об'ємами підживлення та відтоку підземних вод. Підсумовуючи сказане, можна констатувати, що фактично є точка рівноваги, активізація карстового процесу спостерігалась раніше і деякою мірою на відповідних ділянках спостерігається і тепер.

На ділянках підтоплення ґрунтовими водами в 2006–2007 роках збільшилась масштабність та об'єм просядок ґрунту. Таку обставину можна пояснити в основному тим, що на ділянці обстеження р. Шкло являла собою потужну область живлення підземних вод під час розробки кар'єру. Внаслідок гідрохімічних та гідродинамічних процесів тут утворилося багато нових карстових пустот, частина яких вже проявила себе в рельєфі, а частина, внаслідок особливості морфології, почала проявляти себе саме тепер при більш сприятливих обставинах (рис. 3.8). Протягом усього часу спостережень відмічається постійність проявів карстових процесів із різною ступінню амплітуди активізації в часі та просторі по всій площині.

Розвиток карстового процесу на Миколаївському родовищі глин відбувся за схожим сценарієм. Перші пониження зафіксовані в межах кар'єру і на правобережжі р. Зубра (старе поле). Мірою розростання лійки і досягнення нею гідромережі відбувся прорив річкових вод і утворення суходолу, через який депресія у водоносному горизонті почала розповсюджуватись на лівий берег. У активний водообіг були залучені нові ділянки з прісними водами, що викликало активізацію карсту (нове поле).

На основі моніторингу динаміки поверхневих карстових форм створено модель стану геологічного середовища Розвадівського родовища глин.

Природно-техногенна система (ПТС) Розвадівського родовища глин (кар'єр Миколаївського гірничо-цементного комбінату; ділянка "Димівка") знахо-



Карстова лійка в долині р. Шкло



Система карстових лійок в поймі р. Шкло (№ по кадастру 798)



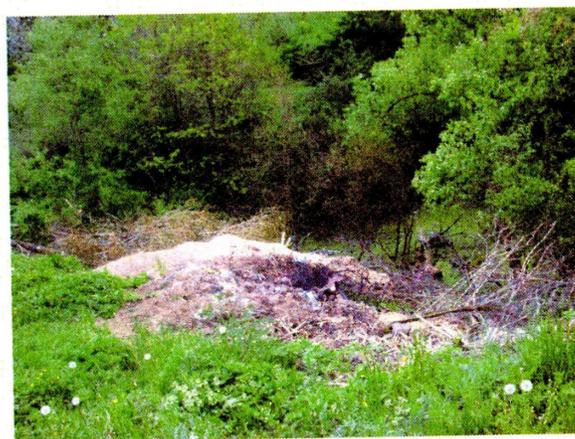
с. Шкло, вул. Боженка 123



Карстова лійка з площею водозабору понад 10 га (№ по кадастру 818)



с. Шкло, вул. Курортна 30



Карстова лійка з озером на дні

Рис. 3.8. Наслідки активізації сульфатного карсту в зоні впливу Язівського родовища сірки

диться на стадії постліквідації (додаток К). Розгляд стану ГС даної ПТС є важливим у зв'язку з проблемою ліквідації Язівського кар'єру сірки і прийняттям оптимальних заходів управління (рис. 3.9–3.16).

Ділянка розміщена в долині р. Зубра. Осадова товща порід розбита численними порушеннями субкарпатського напрямку на ряд мілких блоків (амплітуди зміщень по розломам 10–40 м), які занурюються в сторону південного заходу. Розвиток поверхневих природно-історичних карстових форм відбувався у зв'язку з близьким заляганням гіпсоангідридів до поверхні (потужність покривних суглинків 4–8 м) і специфічною гідрогеологічною обстановкою (два водоносних горизонти: четвертинний і напірний баденський), живлення останнього відбувається за рахунок поверхневих вод через карстові порожнини і гідрогеологічні вікна, а також поглинання вод гіпсоангідритами, що залягають поблизу поверхні за межами району.

Розробка родовища глин (для видобутку глинистого компоненту цементу) кар'єрним способом призвела до змін у ГС. З 1960 р. (початок розробки кар'єру) порушився гідрогеологічний режим території. Експлуатація виробки проводилася в умовах постійного водовідливу (1960 р. – 100 м³/год., 1982 р. – 15 тис. м³/год.). У результаті зміни гідродинамічного і гідрохімічного режимів у 1977–1982 рр. активізувалися карстові процеси, що супроводжувалось утворенням поверхневих форм (більше 100 в рік) та повною втратою наземного стоку р. Зубра. Утворилась депресійна лійка, порушилися рівні підземних вод. Катастрофічний розвиток карстового процесу створив реальну загрозу низці важливих об'єктів народного господарства, в тому числі ділянці залізничної колії гілки Москва – Чоп.

З метою стабілізації гідрогеологічної обстановки (для оптимізації стану ГС) в травні 1982 р. розпочалось кероване затоплення кар'єру водами р. Зубра, що сприяло відновленню рівнів підземних вод, ліквідації депресійної лійки і відновленню нормального стоку р. Зубра. З 1984 р. частота проявів карстових провалів знизилась до одного-двох на місяць. Для зменшення інфільтрації атмосферних опадів і кольматації порожнин у 1984 р. було проведено рекультива-

Модель розвитку сульфатного карсту в блоці гіпсоангідритів

Зміна швидкості карстової денудації на вході й виході із системи не відображує зміни параметрів карстового процесу, що відбуваються у системі.

Активність карстового процесу складає:

$$A = \frac{v}{V} \times 100 = 1,73 \%$$

- v – об'єм розчиненої гірської породи, що виноситься підземними водами за 1000 років;

- V – об'єм карстових порід у межах ділянки. Швидкість карстової денудації складає $1805 \text{ м}^3/\text{рік} \cdot \text{км}^2$ (максимальна техногенна активізація) до $10 \text{ м}^3/\text{рік} \cdot \text{км}^2$ (природно-історичний розвиток карсту).

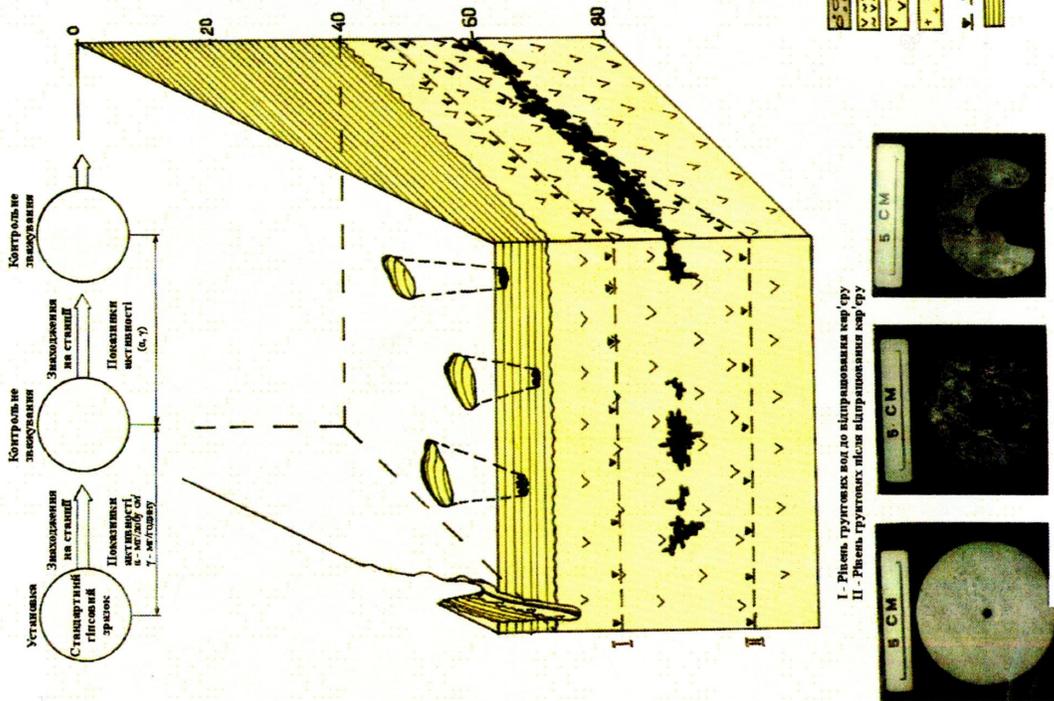


Рис. 3.9. Імовірнісні моделі розвитку карстового процесу в галогенних і сульфатних породах на території Львівської області

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ДО ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ КАРТИ КАРСТОНЕБЕЗПЕЧНОЇ ЗОНИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ЯВОРІВСЬКОГО ГІР

- I. РОЗПОВСЯДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВОДНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ І КОМПЛЕКСІ**
Водоносний комплекс в акумулятивному карсті головний водоносний горизонт в акумулятивному карсті та водоносний комплекс в акумулятивному карсті. Питома пористість, швидкоповільнювальний водоносний комплекс в акумулятивному карсті. Водоносний горизонт у флюктуаційному карсті. Водоносний горизонт у середній частині карсту. Питома пористість, швидкоповільнювальний водоносний комплекс в акумулятивному карсті. Водоносний горизонт у середній частині карсту. Питома пористість, швидкоповільнювальний водоносний комплекс в акумулятивному карсті.
- Mb**
 - Mb**
 - Mb**

II. ПРЯГОРНІ ТА ТЕХНОГЕННО АКТИВІЗОВАНІ ЕКЗОГЕННІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

- Карті опадів
- Корд талоснівий (стрічаний чи акумулятивний) швидкоповільнювальний водоносний комплекс
- Суфлеві акумулятивні (суфлеві) западини-пропадні басейни
- Суфлеві западини
- Карстові лінійні до об'єднанні
- Карстові лінійні до карсту
- Аркава впадина (вулиця з утворенням аркави)
- Бокова впадина
- Опадівні і основи в різних напрямках
- Штучне засолення

III. СТУПІНЬ УРАЖЕНОСТІ ТЕРИТОРІЇ ПОВЕРХНІМ КАРСТОМ

- Середня (середня карстовість ліній) карстовість від 10 до 30 літ на 1 км²
- Інтенсивна (середня карстовість ліній) карстовість більше 30 літ на 1 км²

IV. ІНШІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Місцеві вузькі та вулиці
- Контур привідобувної промисловості
- Річки
- Розводні споруди
- Гідрографічний заповнення
- Споруджені в об'єктах (станції, водосховища)
- Водяні
- Авіаційні
- Залізничні

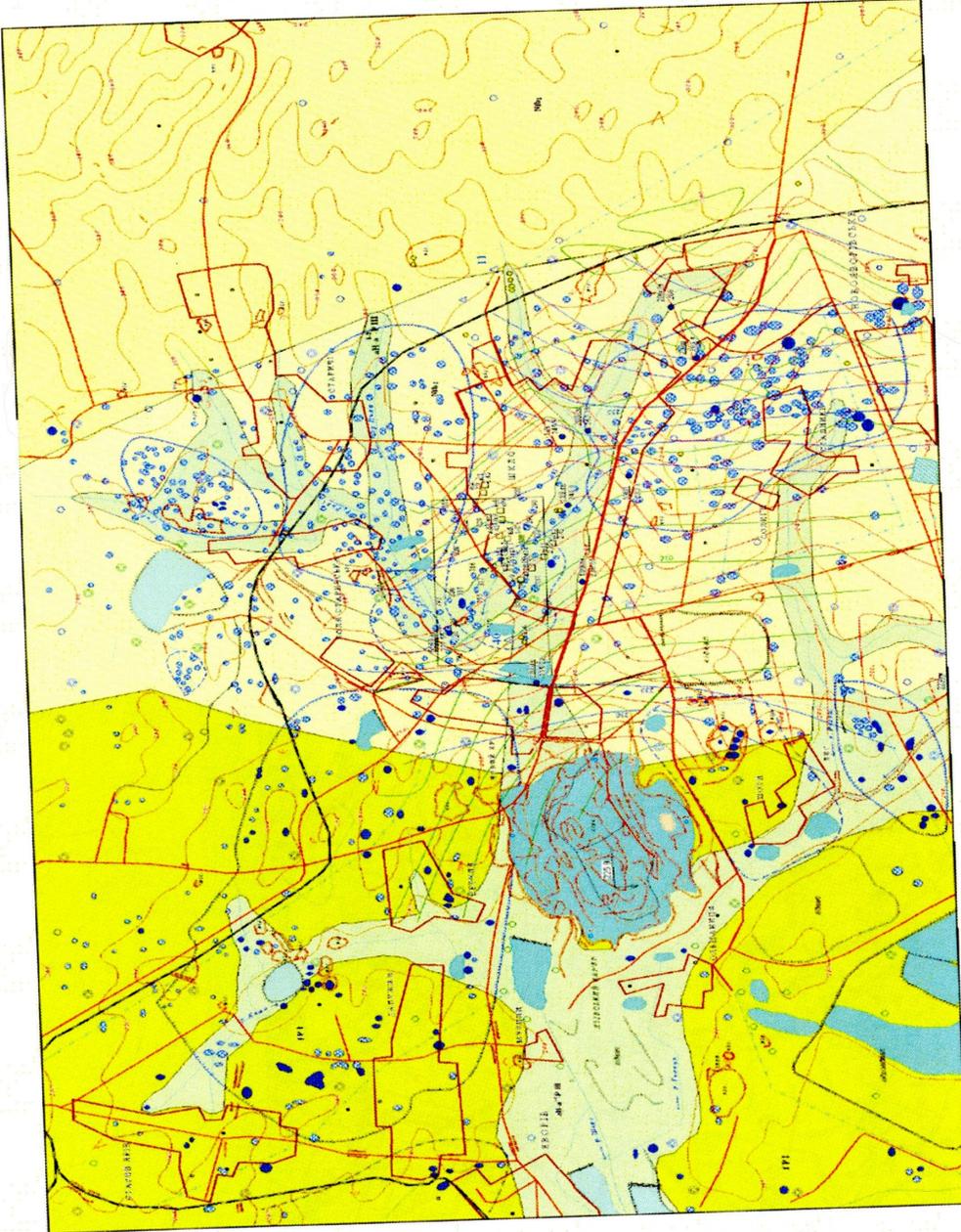


Рис. 3.10. Гідрогеологічна карта карстонебезпечної зони Центральної частини Яворівського гірничопромислового району (масштаб 1:25000)

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

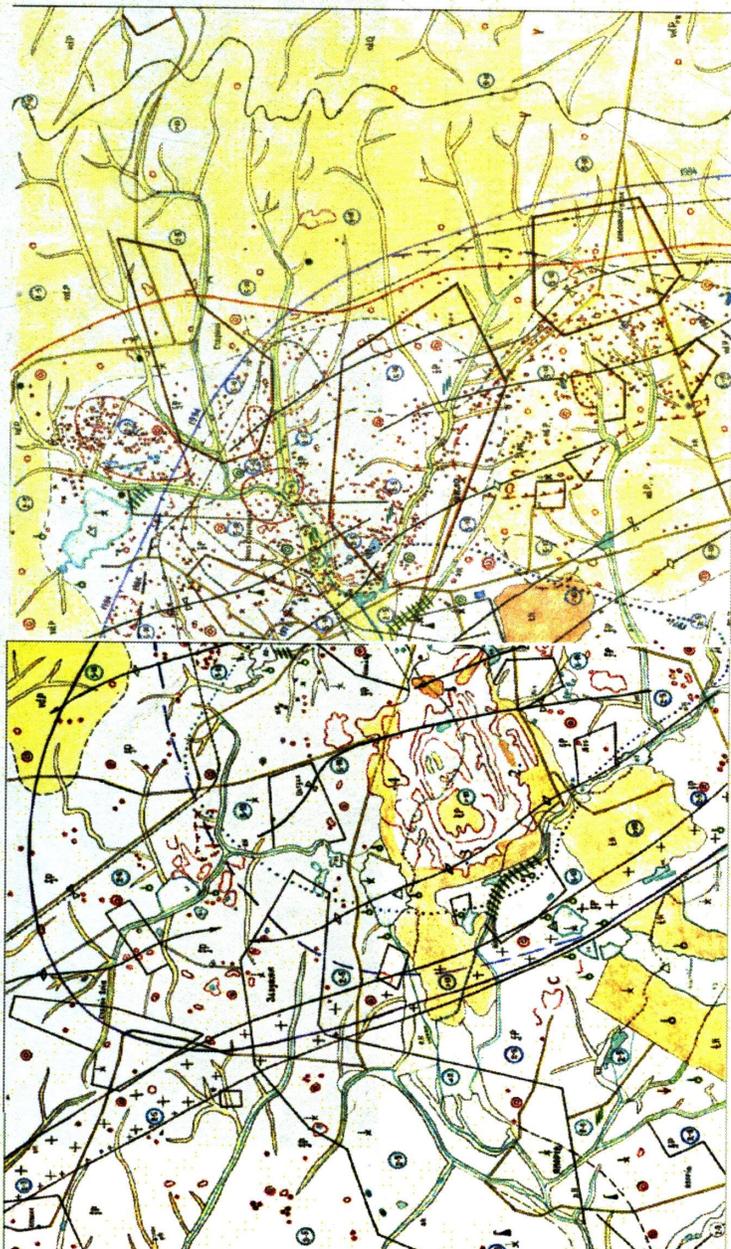


Рис. 3.11. Розвиток техногенно-активізованого сульфатного карсту в межах Яворівського гірничопромислового району (відповідно до масштабу 1:25000) (за матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

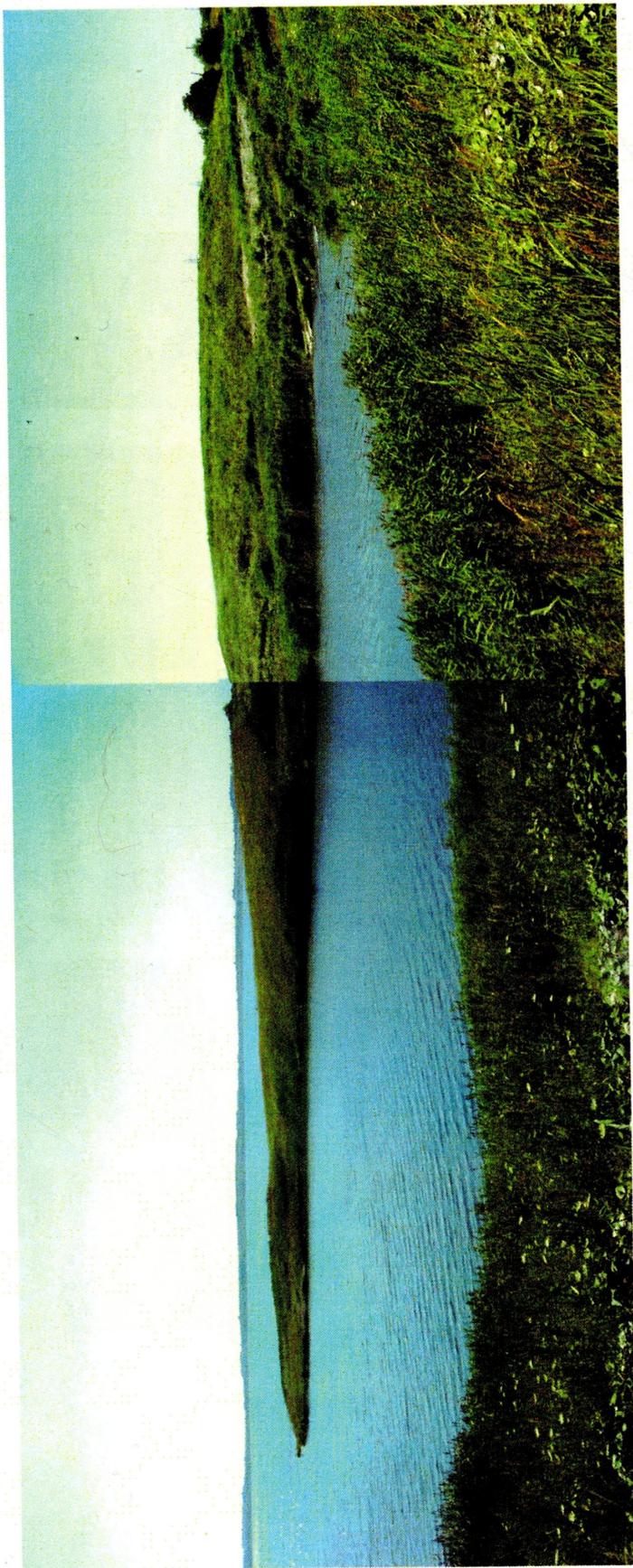


Рис. 3.12. Фрагмент затопленого Яворівського сірчаного кар'єру.
Трансформація гірничопромислового району в рекреаційний.

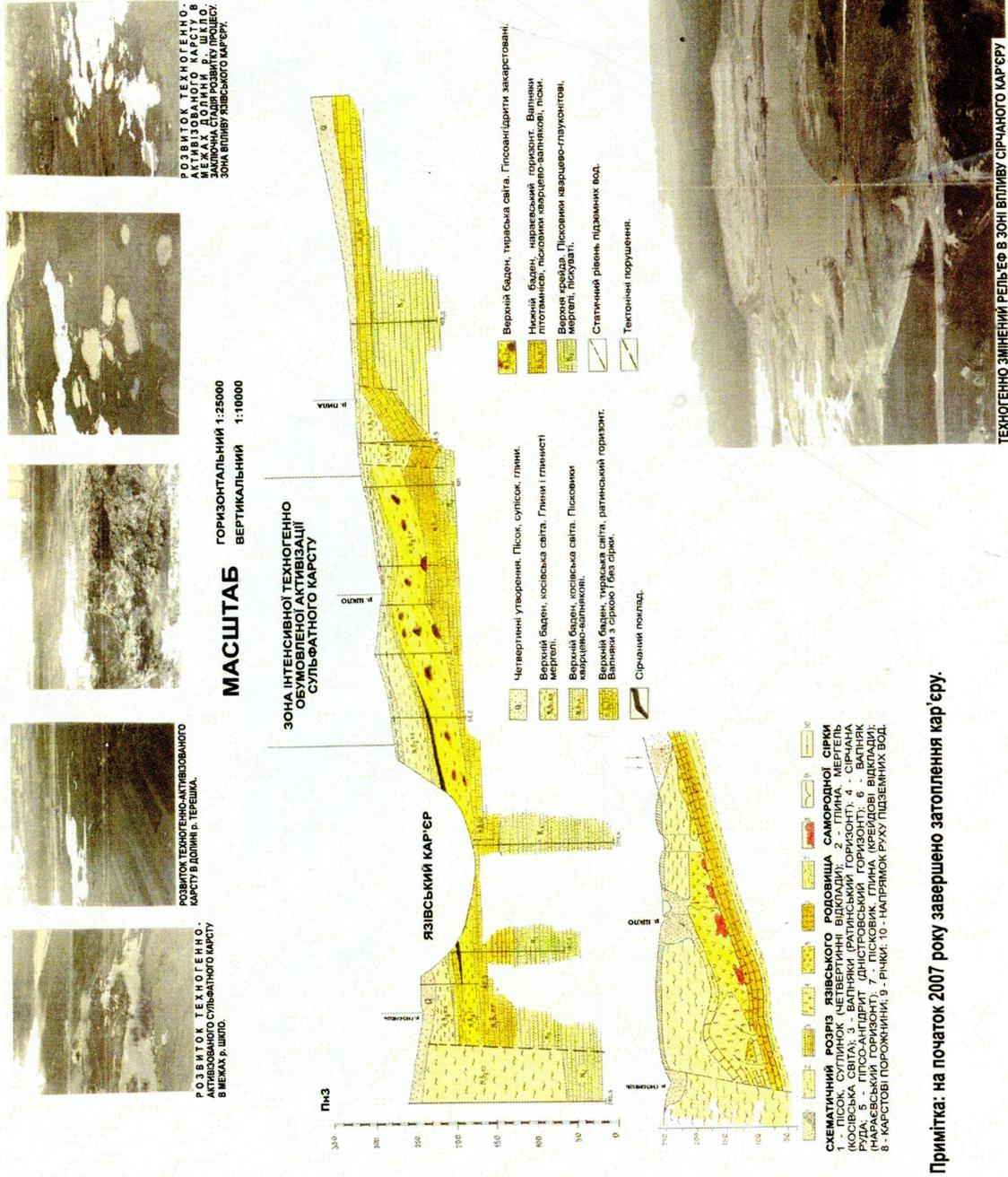


Рис. 3.13. Оптимізаційні рішення в межах зони впливу Язівського сірчаного кар'єру шляхом його затоплення для трансформації гірничопромислового комплексу в рекреаційний



Рис. 3.14. Зона впливу техногенного сульфатного карсту в зоні впливу Язівського кар'єру



Рис. 3.15. Фрагмент зсувонебезпечного схилу в зоні впливу озера на місці Язівського кар'єру

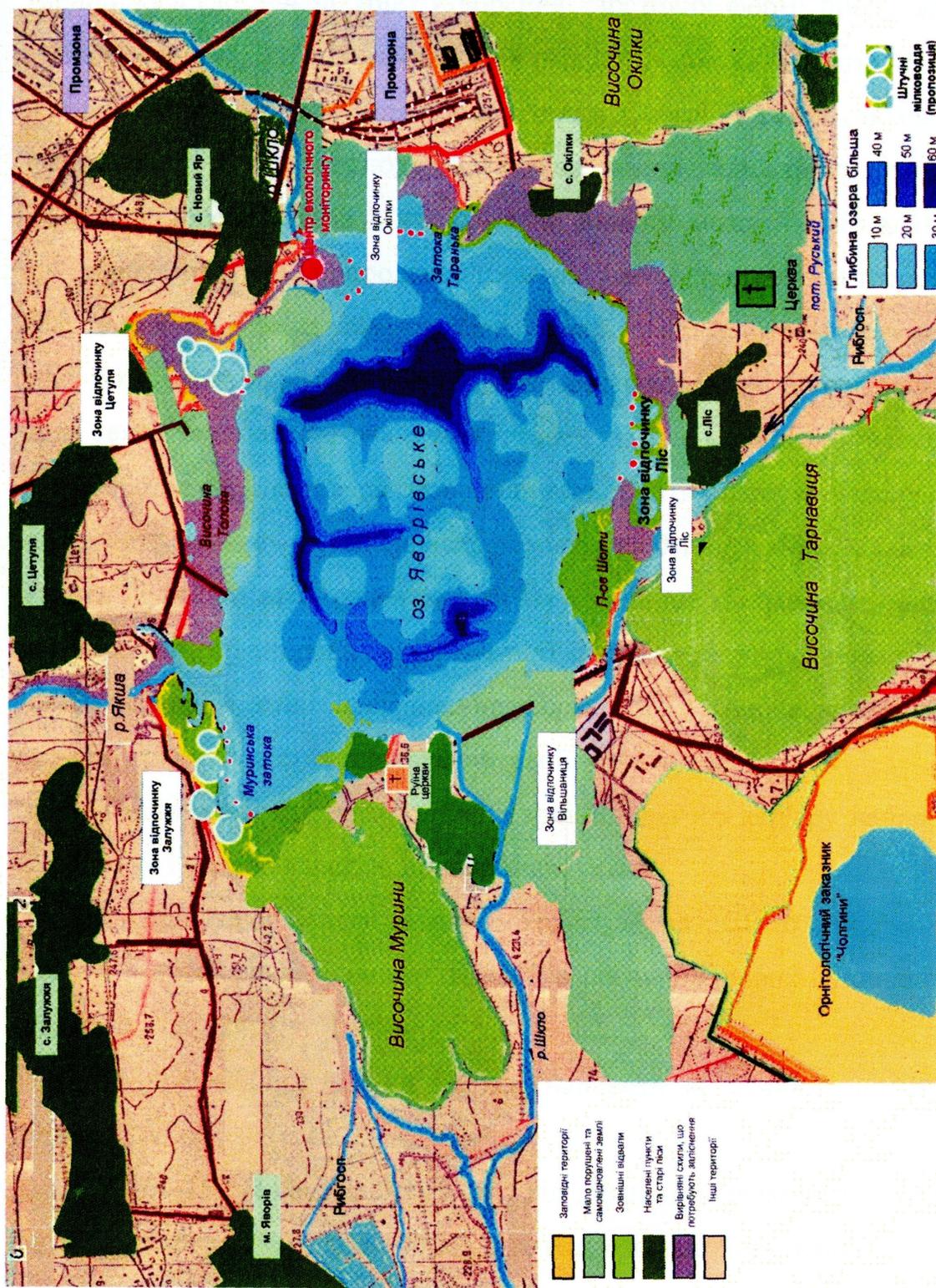


Рис. 3.16. Прогнозна модель рекреаційної зони на місці Яворівського сірчаного кар'єру (з використанням матеріалів ВАТ "ГРХІМПРОМ")

цію шляхом засипання поверхневих карстових форм. У 1988 і 1990 роках відмічались окремі провали, що пов'язані, скоріше всього, з суфозійним виносом заповнювача порожнин, або просадкою насипних ґрунтів. За 1991–1993 рр. різко зменшилось (до 3–4 шт./рік) утворення карстових форм; продовжується "старіння" існуючих, що виражається в їх осіданні, сповзанні бортів до досягнення їх природного нахилу, заповнення днищ. Сьогодні район активно використовується під сільськогосподарські угіддя, дачні й присадибні ділянки.

Спостереження на Миколаївській ділянці можуть розглядатися як такі, що характеризують природно-історичні умови третьої тектоерозійної зони. Результати експериментальних досліджень з натурного моделювання (1988–1990 рр.) (перевірка ефективності захисних заходів, які призначені для стабілізації техногенно активізованих карстових процесів), а також регулярне маршрутне обстеження території дозволили встановити відносну часову стабілізацію карстового процесу (інтенсивність розчинення $0,1 \text{ мг/доб/см}^3$), яка не може вважатися повністю встановленою у зв'язку з раніше збільшеним об'ємом карстової порожнини і ступеня зруйнованості порід за рахунок провальньо-просадочних деформацій, зміни напружено-деформованого стану гірських порід з інтенсивною проробленістю шляхів фільтрації.

Згідно польових досліджень, в зоні Язівського кар'єру найвираженішими за об'ємом і частоті карстові прояви знаходяться:

- 1 – ділянка обвідного каналу на території сан. „Шкло”;
- 2 – лівий схил долини р. Шкло навпроти житлових будинків по вул. Боженка № 118–124;
- 3 – правий борт долини р. Шкло навпроти житлових будинків по вул. Боженка № 60–80.

У 100-150 м на південний схід від ділянки 2, знаходиться карстова лійка № 818 діаметром близько 150 м та площею водозабору навколо біля 5 га. Як правило навесні, просідання в межах даної лійки активізується, при чому процес має явну просторову направленість в сторону відміченої ділянки 2, тобто в напрямку до русла р. Шкло. І далі, карстові процеси досить часто себе проявлять

аж до пойми річки, де вони мають особливо інтенсивне проявлення. Очевидно атмосферні води, акумулюючись в центрі воронки, інфільтруються до горизонту гіпсоангідритів, прямують в сторону річки Шкло. Прямуючи підземними водотоками від карстової лійки, агресивні по відношенню до сульфатної товщі води, на своєму шляху розчиняють її, досягаючи свого максимуму в місці з'єднання, під руслом річки, що і виражається на поверхні в частих провалах та просіданнях. Детально динаміку розвитку на цій ділянці показано на окремій карстовій лійці № 798 (рис. 3.17).

Таким чином, на цьому етапі карстотворні процеси дещо понизили свою активність, хоча і не досягли свого рівня до техногенного втручання, і будуть продовжуватися й надалі. Це пов'язане з наступним:

- незважаючи на те, що рівень заповнення кар'єру піднявся з 155 м до 230 м він все одно менший та не досягне такого рівня (в силу геоморфологічних обставин), щоб створити гідростатичний бар'єр та перекрити область живлення в долинах річок;

- дренаж та динамізм підземних вод зменшився, але все одно залишився відчутним, у силу того, що новоутворене озеро на місці кар'єру, площею понад 10 км² та об'ємом 10 м³, потребує значних водних ресурсів для підтримання досягнутого рівня;

- деякий час буде спостерігатися підвищена активність просідання ґрунтів у межах підтоплення ґрунтовими водами над закарстованими ділянками; внаслідок зменшення динамічної складової руху підземних вод, з часом буде розвиватися відносно замулення карстових порожнин, що призведе до збільшення динамічного опору та збільшення статичного тиску вверх по артезіанському схилу, що приведе до підняття рівня ґрунтових вод та ще більшого заболочення долин річок.

У результаті проведеного комплексу спостережень можна зробити однозначний висновок про те, що завдяки затопленню кар'єру відбувається загальна стабілізація водного режиму. На сьогоднішній день ГС у межах техногенної активізації карстових процесів можна вважати як таке, що відображає відносну

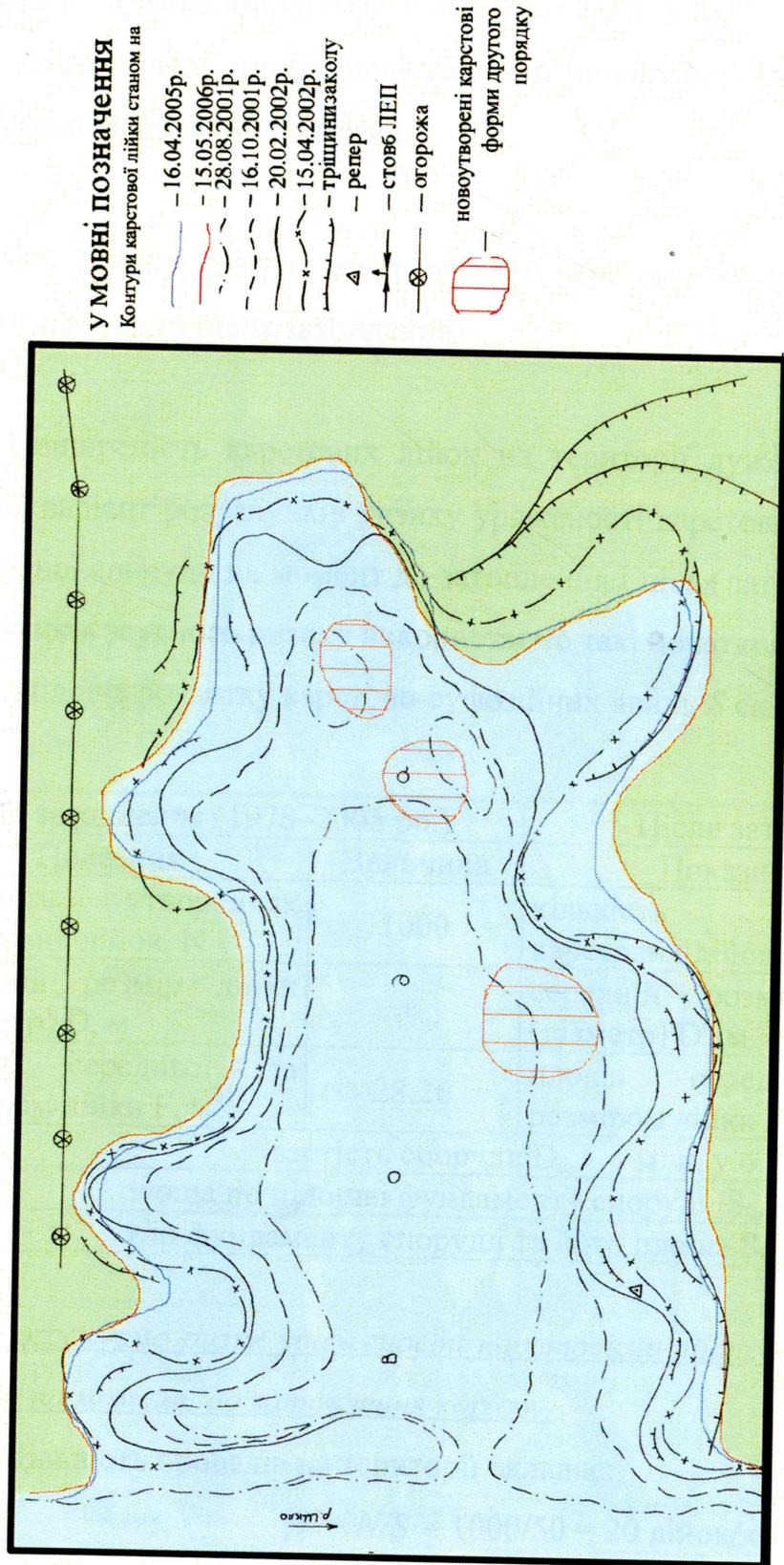


Рис. 3.17. Схема розвитку карстової лійки 798 в межах долини р. Шкло (с. Шкло, вул. Боженка 120)
 (за матеріалами Львівської ГРЕ)

стійкість території і не допускає дій (зволоження або відкачку, створення локальної фільтрації, інтенсивних механічних навантажень і т. д.), що можуть призвести до зміни гідрогеологічних умов (рис. 3.16).

Дана модель принципово показує можливості інженерного захисту для стабілізації карстового процесу.

3.6. Розрахунок ризику ураженості карстом у межах Язівського родовища (до затоплення та після затоплення)

Поширеність карстових ліжок на території дуже нерівномірна. Розглядається варіант розрахунків ризику ураженості карстовими ліжками фундаменту умовної споруди на момент до затоплення і після затоплення (табл. 3.3). Для розрахунків зсувного ризику використаємо такі початкові дані:

– площа розвитку карстово-суфозійних явищ, S складає = 50 км².

Таблиця 3.3

До затоплення (1978–2006 рр.)		Після затоплення кар'єру	
Показник	Величина	Показник	Величина
кількість утвореннях карстових ліжок, N	1000	кількість утворених карстових ліжок, N'	50
середній розмір ліжки (діаметр) D , м	6	середній розмір ліжки (діаметр) D' , м	3
площа середньої за розміром ліжки F , м ²	28,26	площа середньої за розміром ліжки F' , м ²	7,07
вартість споруди D_e , – 1 млн. у.о.			
площа по підшві фундаменту споруди S_0 , – 1000 м ²			
тип фундаменту споруди та його площа S_f , – 350 м ²			

Розрахуємо ризик ураженості карстовими ліжками фундаменту умовної споруди на момент до затоплення кар'єру.

Щільність провалів на території складає:

$$V = N/S = 1000/50 = 20 \text{ ліжок/км}^2,$$

де N – кількість карстових ліжок на території до затоплення.

Середньобогаторічна щільність лійкоутворення за 28 років (1978–2006 рр.) в межах території досліджень складає $20/28 = 0,714$ лійки/км² · рік. Припустимо, що вірогідність виникнення провалів на площі у 1 км² (S_0), частину якої займає споруда за термін у 100 років складе за найвірогіднішим варіантом 0,001 випадків за рік.

Геометрична вірогідність повного або часткового ураження споруди з відомою площею фундаменту дорівнює:

$$P_s(C) = \frac{1000}{1000000} = 0,001.$$

Розрахункова середня частота виникнення лійок під спорудою складе:

$$P^*(C_h) = 0,714 \cdot 0,001 = 0,714 \cdot 10^{-3} \text{ випадків/рік.}$$

Геометрична вірогідність ураження карстово-суфозійними лійками фундаменту в випадку, якщо вони уражують споруду, складає для лійок середнього розміру:

$$28,26/350 = 0,08.$$

Економічна вразливість ($V_e(C)$) споруди складе відповідно до статистичних даних 0,002–0,015.

Встановимо за допомогою прийнятих припущень та розрахунків середній повний та питомий карстовий ризику економічних втрат споруди за формулами:

$$R_e^h(C) = P^*(C) \cdot V_e(C) \cdot D_e, \quad (3.4)$$

$$R_{se}^h(C) = \frac{R_e^h(C)}{S_0}, \quad (3.5)$$

де $R_e^h(C)$ – повні економічні втрати, які обумовлені загрозою карсту; $R_{se}^h(C)$ – питомі економічні втрати приведені до одиниці площі.

$$R_e^h(C) = 0,714 \cdot 0,001 \cdot 0,002 \cdot 1000000 = 1,43 \text{ у.о./рік,}$$

$$R_{se}^h(C) = 1,43/1000 = 0,0014 \text{ у.о./м}^2 \cdot \text{рік.}$$

Розрахуємо ризик ураженості карстовими лійками фундаменту умовної споруди після затоплення кар'єру.

Щільність провалів на території складає:

$$V = N/S' = 50/50 = 1 \text{ лійка/км}^2.$$

Припустимо, що розглядається такий самий період часу, що й до затоплення кар'єру, тобто 28 років, тоді середньобогаторічна інтенсивність лійкоутворення в межах території досліджень складає $1/28 = 0,036$ лійки/км² · рік. Припустимо, що вірогідність виникнення провалів на площі у 1 км² (S_t), частину якої займає споруда за термін у 100 років складе за найвірогіднішим варіантом 0,001 випадків за рік.

Геометрична вірогідність повного або часткового ураження споруди з відомою площею фундаменту дорівнює:

$$P_s(C) = \frac{1000}{1000000} = 0,001.$$

Розрахункова середня частота виникнення лійок під спорудою складе:

$$P^*(C_h) = 0,036 \cdot 0,001 = 0,036 \cdot 10^{-3} \text{ випадків/рік.}$$

Геометрична вірогідність ураження карстово-суфозійними лійками фундаменту у випадку, якщо вони уражують споруду, складає для лійок середнього розміру:

$$7,07/350 = 0,02.$$

Економічна вразливість ($V_e(C)$) споруди буде також знаходитись відповідно до статистичних даних у діапазоні 0,002–0,015.

Відповідно до формул (3.4), (3.5) розраховані повні економічні втрати, які обумовлені загрозою карсту та питомі економічні втрати приведені до одиниці площі:

$$R^h_e(C) = 0,036 \cdot 0,001 \cdot 0,002 \cdot 1000000 = 0,072 \text{ у.о./рік}$$

$$R^h_{se}(C) = 0,072/1000 = 0,072 \cdot 10^{-3} \text{ у.о./м}^2 \cdot \text{рік.}$$

Наведений порівняльний розрахунок економічного ризику від ураження карстовими лійками умовної споруди, на періоди до затоплення та після затоплення Язівського сірчаного кар'єру, свідчить про прямопропорційну залежність грошових втрат від інтенсивності процесу карстоутворення.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. За результатами власних досліджень та фондових матеріалів Львівської ГРЕ ДП "Західукргеологія" визначені регіональні закономірності розвитку НГП у межах Львівської області на прикладах зсувів і карсту.

2. Зроблений ретроспективний аналіз процедури інженерно-геологічного районування процесонебезпечних територій на прикладах середньомасштабних картографічних моделей.

3. За результатами робіт виконано районування території досліджень за розвитком зсувних і карстових процесів, виконане районування території за можливістю виникнення НС, в результаті активізації НГП.

Проведено геологічний супровід при вивченні та ліквідації наслідків катастрофічних явищ прояву НГП, визначені умови розвитку НГП та надані рекомендації щодо їх стабілізації. Особлива увага приділена зонуванию території в місцях катастроф за ступенем придатності для господарського освоєння.

4. Виконані дослідження щодо розрахунку інженерного ризику в межах зсувонебезпечних територій Львівської області.

5. Виконано регіональну оцінку карстонебезпечності та оцінку ризику катастрофічного розвитку карсту в результаті техногенного впливу на ділянці "Яворів – Шкло", у зв'язку з експлуатацією сірчаних родовищ. Проведено районування ділянки за ступенем поширення небезпечних карстових явищ. Розроблені прогностичні сценарії змін стану геологічного середовища у зв'язку з затопленням Язівського сірчаного кар'єру та трансформацією гірничопромислового комплексу в рекреаційний.

6. Визначені прогностичні показники трансформації гірничопромислового комплексу в рекреаційний (на прикладі Язівського родовища сірки в межах колишнього Яворівського гірничопромислового району).

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА РИЗИКУ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

4.1. Техногенне навантаження на геологічне середовище

Водногосподарський тип техногенного навантаження займає важливе місце серед чинників впливу на навколишнє середовище Львівської області. Нерівномірність стоку гірських річок, наявність в їхньому режимі кількох повеней робить завдання регулювання стоку доволі актуальним [154, 156].

Одним з основних засобів регулювання режиму є спорудження водосховищ. Детальні комплексні дослідження в масштабі 1: 25000 проведені з метою оцінки стану геологічного середовища ділянки долини р. Стрий в районі незавершеного будівництва Стрийського водосховища (рис. 4.1). Виконано прогностичну оцінку розвитку небезпечних геологічних процесів при умовах існування водосховища і його відсутності. Будівництво водосховища було зупинене у кінці 80 років, унаслідок чого держава зазнала значних матеріальних збитків.

4.2. Гідрогеологічні умови ділянки р. Стрий в зоні водосховища

В районі проектного водосховища прослідковуються два водоносних комплекси – у флішових утвореннях крейди-палеогену і четвертинних осадах.

Водоносність флішових утворень крейдової і палеогенової систем.

Водовмісними породами флішових відкладів крейдової і палеогенової систем є тріщинуваті прошарки пісковиків і алевролітів, розділених водотривкими аргілітами. В зоні поверхневого вивітрювання і тектонічних порушень аргіліти також тріщинуваті та обводнені.

Водонасиченість флішових порід слабка і дуже нерівномірна як по площі, так і в розрізі. Дебіти свердловин складають соті і десятки долі літра на секунду



Рис. 4.1.1. Зона проектованого будівництва Стрийського прогіповеневого водосховища в межах долини р. Стрий.
Після будівництва водосховища буде затоплена заплава.

при пониженнях на 2–25 м. Зрідка досягають 2,6 л/с при пониженнях на 2 м. Витрати джерел 0,05–1 л/с.

Відносно велика обводненість флішевих порід прослідковується в зоні поверхневого вивітрювання, тектонічної роздрібленості та гравітаційного розвантаження.

Обводненість флішевих порід залежить від їх тріщинуватості. В пластах пісковиків тріщини більш широкі і розміщені рідко, в аргілітах тріщини дрібні і кількість їх дуже велика. В зв'язку з цим, коефіцієнт тріщинуватості в аргілітах зон тектонічних порушень більший, ніж у пісковиках.

Безводні ділянки були приурочені до інтервалів розвитку товстошаруватих пісковиків з тонкими прошарками аргілітів. Найбільші припливи в тунелі Бацарського водорозділу між р.Теребля і Ріка до 12–25 м³/год встановлені на ділянках зон дроблення порід, які тяжіють до тектонічних розломів.

Вивчення тріщинуватості флішевих порід у районі проектного водосховища призвело до відслонення по двох штольнях, 70 шурфах, канавах, розчистках, а також по керну і дослідних нагнітаннях у п'ятиметрові інтервали 32 свердловин, пробурених на глибину від 40 м до 120 м. Результати цих досліджень також вказують на дуже нерівномірну тріщинуватість флішевих порід. На одних ділянках тріщинуватість більш інтенсивна, на інших вона значно менша. Ступінь тріщинуватості значно залежить від потужності пластів, їх літологічного складу і тектонічної роздрібленості порід. З глибиною ступінь тріщинуватості флішевих порід не зменшується, однак розкритість тріщин значно менша. В зв'язку з цим зменшується їх водопроникність і обводненість.

Основним геологічним фактором, який визначає умови залягання підземних вод у флішевих породах, є велике різноманіття літологічного та петрографічного складу порід, які зміщуються в горизонтальному і у вертикальному напрямках, що обумовлює часте чергування водопроникних і водотривких порід.

Велику роль у гідродинамічному режимі відіграє високий ступінь дислокованості порід і наявність на фоні крупних тектонічних структур дрібних

складок другого і третього порядків з крутим падінням крил, що призводить до переважання руху підземних вод по простяганню пластів та їх частому виклинюванню в долинах річок і струмків, які прорізають вище вказані структури.

Тектонічні особливості району досліджень, визначаються наявністю багаточисельних розривних порушень, які розбивають флішеві породи на окремі блоки, що переміщуються в горизонтальному і вертикальному напрямках один відносно іншого, значно ускладнюють умови залягання і циркуляцію підземних вод. Унаслідок цього водовмісні відклади не утворюють витриманих по площі водоносних горизонтів, а залягають у вигляді вузьких, обмежених по площі смуг та лінз.

Тектонічні тріщини і зони тектонічних порушень, які залягають переважно вертикально і мають значне простягання, є основними шляхами вертикального водообміну підземних вод між окремими водоносними прошарками, розділені водотривкими породами.

За умовами водообміну в товщі крейди-палеогенового флішу прослідковуються дві гідродинамічні зони.

1. Верхня зона обводнених флішевих порід інтенсивного водообміну.
2. Зона затрудненого водообміну.

Верхня зона потужністю 100–600 м є зоною інтенсивного водообміну. Тут, в основному, розміщуються прісні води гідрокарбонатного кальцієвого типу з мінералізацією до 1 г/л.

На глибинах 200–250 м від поверхні землі прісні води замінюються більш мінералізованими (3–5 г/л) гідрокарбонатнатрієвого типу. На великих глибинах (500–600 м), незалежно від геологічного віку, у всіх флішевих породах залягають хлоридні натрієві води з мінералізацією до 20 г/л, а глибше вони переходять у високомінералізовані розсоли.

Практичне значення для спорудження запроектованого водосховища має верхня зона інтенсивного водообміну. В цій зоні тріщинно-пластові води відслонені на глибинах 4–35 м від поверхні землі в залежності від рельєфу місцевості.

На різних відмітках схилу долини ріки спостерігаються виходи підземних вод у вигляді джерел з дебітом, який не перевищує 1 л/с. Підвищення дебіту співпадає з періодами випадіння надмірних опадів.

Депресійна поверхня підземних вод наслідує поверхню рельєфу, що свідчить про дренажний вплив підземних вод долинами рік. Часті випадки, коли тріщинно-пластові води навіть при умові неглибокого їх залягання, володіють напірними властивостями.

В зоні інтенсивного водообміну, навіть в її поверхневій частині, є окремі ізолювані водоносні прошарки.

Живлення підземних вод у верхній зоні проходить за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, які по тріщинах вивітрювання, тріщинах нашарування і тектонічних тріщинах проникають вглиб масиву, мінералізуються, збагачуються різними хімічними компонентами. Цими ж шляхами з глибини води піднімаються до поверхні і часто виклинюються в ерозійних врізах у вигляді джерел.

Водоносність четвертинних відкладів.

Алювіальні, делювіальні, пролювіальні, зсувні відклади мають різну обводненість. Найводонасиченіші алювіальні відклади займають другу і третю надзаплавні тераси в прируслових зонах долин річок Стрий, Рибник, Уричанка. Підземні води переважно приурочені до гравійно-галечникових відкладів з валунами, з піщано-глинистим заповнювачем. Вони гідравлічно пов'язані з підстеляючими флішевыми відкладами, витягнутими вздовж русел річок, які досягають ширини від 250–350 до 2000 м. Мірою віддалення від русел гранулометричний склад відкладів змінюється, вони стають більш піщаними і глинистими і, відповідно, менш водонасиченими. Потужність обводненої товщі алювію не перевищує 5–6 м. Глибина рівнів змінюється від 0,7–1,8 м до 2,6 м. Вони характеризуються значним нахилом у сторону річкового русла. Коефіцієнт фільтрації алювію низьких рівнів досягає 300-400 м/добу.

Режим алювіальних вод повністю залежить від режиму поверхневих вод, яким властиві швидкі, високі й тимчасові підйоми, пов'язані з надмірними опадами і швидким сніготаненням. Амплітуда коливань рівнів сягає 1–3 м.

Ґрунтові води прісні з мінералізацією до 0,7 г/л, переважають гідрокарбонатні кальцієві і натрієві, слабо- і середньоагресивні за вмістом вуглекислоти (35,2–76,0 мг/л) і за водневим показником (рН 5,4–6,2).

В алювіальних відкладах третьої-п'ятої надзаплавних терас долини р. Стрий, спостерігаються піщано-галечникові відклади зі значною домішкою суглинистого матеріалу, глибина залягання підземних вод 1–95 м. На окремих ділянках, де гравійно-галечникові утворення перекриті водонепроникними суглинками, створюють локальні напори. Водонасиченість цих відкладів досить висока. Коефіцієнт фільтрації їх змінюється від 11 до 104 м/добу. Живлення алювіальних вод проходить за рахунок атмосферних опадів, підтоків підземних вод із залягаючих гіпсометрично вище тріщинно-пластових вод горизонтальних флішевих утворень і поверхневих вод струмків.

Значно обводнені зсувні утворення представлені блоками і пакетами перешарування пісковиків, аргілітів та інших порід, а також суглинисто-брилово-щербистими утвореннями.

Перші вміщують малопотужні ґрунтові потоки, приурочені до зон зсувного зім'яття поблизу поверхонь зміщення. Яскравий літологічний склад, зокрема, наявність в них збагачених грубоуламковим матеріалом прошарків, обумовлюють неоднорідність фільтраційних властивостей і своєрідність обводнення цієї товщі. Виклинюючись на зсувних сходинках, води утворюють сильно зволожені заболочені ділянки.

Води м'які (загальна жорсткість 0,4–2 мг/екв//л), слабо мінералізовані – сухий залишок не перевищує 0,18 г/л.

Делювіальні щербисто-суглинисті накопичення акумулюють атмосферні опади і вміщують малопотужні лінзи верховодки, які розвантажуються на схилах, створюючи дрібні заболочені місця. Дебіти джерел і колодязів від 0,01

до 0,1 л/с. Іноді, з делювіальних відкладів витікають джерела з більш високим дебітом; їх слід розглядати як виходи тріщинно-пластових вод флішевих порід.

Ґрунтові води в решті генетичних типах четвертинних відкладів (пролювіальних обвальо-осипних) мають незначний локальний розвиток.

4.3. Структурно-тектонічні та літологічні умови ділянки долини р. Стрий від с. Нижнє Синьовидне до с. Ластівка (зона будівництва Стрийського водосховища)

У геологічній будові ділянки приймають участь крейдяні і палеогенові відклади. Крейдяні відклади представлені породами спаської, головнінської, стрийської світ, палеогенові – палеоценовою ямненською світою, еоценовим комплексом і олігоценовими породами, які на різних ділянках площі відносять до менілітової або головецької світи.

В тектонічному відношенні ділянка розташована в межах Скибової зони Карпат, яка є покривом складної лускуватої будови, насунутої на Внутрішню зону Передкарпатського прогину і, в свою чергу, перекрита подібним покривом Кросненської (Сілезької) зони.

Практично вся територія ділянки розташована в межах Сколівської скиби та скиби Парашки.

Особливістю цих скиб на цій ділянці є велика потужність крейдяних відкладів, серед яких виділяються нижньокрейдяна спаська світа і трьохчленна стрийська світа. Другою особливістю цих субпокривів є різне зменшення потужності в напрямку з південного сходу на північний захід палеоцен-еоценового розрізу з повним фаціальним заміщенням його характерних компонентів – ямненської та вигодської світ, представлених масивними пісковиками. Сколівська скиба насунута на олігоценові відклади нижчезалягаючої Орівської скиби нижньокрейдяними утвореннями спаської світи. Поверхня насуву нахилена на південний захід, кут нахилу на різних ділянках від 15° до 25–30°. Для неї характерне моноклінальне залягання меж усіх виділених підрозділів,

орієнтованих подібно до орієнтації підстеляючої поверхні, але трохи крупніше.

Всередині товщ часто спостерігаються досить складні дислокації високих порядків. Розріз скиби завершується олігоценовими відкладами. Скиба Парашки має аналогічну будову, але в крейдяній частині її розрізу виділяється додаткова тектонічна луска.

Певних великих регіональних поперечних порушень на описуваній ділянці не встановлено, але є підстава припустити, що великий глибокозакладений розлом проходить через долину р. Новий Кропивник і перетинає долину р. Стрий в напрямку з північного сходу на південний захід в районі с. Новий Кропивник. Основою для такого припущення є, з одного боку, виявлені розломи у відкладах Сколівської скиби, а далі на північний схід і в Орівській, а з другого боку, приуроченість до цієї зони фаціальних змін у палеоцен-еоценовому розрізі. Крім того, на північний захід від цього розлому зсуви набувають значного поширення.

В геоморфологічному відношенні ділянка належить до Сколівських Бескид. Основні геоморфологічні елементи мають загальне “карпатське” простягання – витягнуті з північного заходу на південний схід. Долина р. Стрий на розглядуваній ділянці також орієнтована в “субкарпатському” напрямку, але в цілому на ділянці між селами Нижнім Кропивником і Нижнім Синьовидним вона полого (під кутом 15°) перетинає Сколівську скибу, внаслідок чого тут виділяються ділянки як із згідним заляганням геологічних структур, так і перетинаючі їх майже вхрест простягання. Поперечний профіль долини взагалі асиметричний, лівий борт пологіший від правого.

Асиметрія обумовлена геологічною будовою – лівий борт, у цілому, консеквентний, його морфологія обумовлена домінуючою орієнтацією порід. Долина р. Стрий є нечіткою межею між двома підтипами середньогір'я – на лівобережжі абсолютні відмітки здебільшого не перевищують 850 м, а на правобережжі – досягають 1200–1300 м.

З небезпечних екзогенних геологічних процесів найбільше поширені зсуви і селеві потоки (рис. 4.2–4.5) (додаток М).

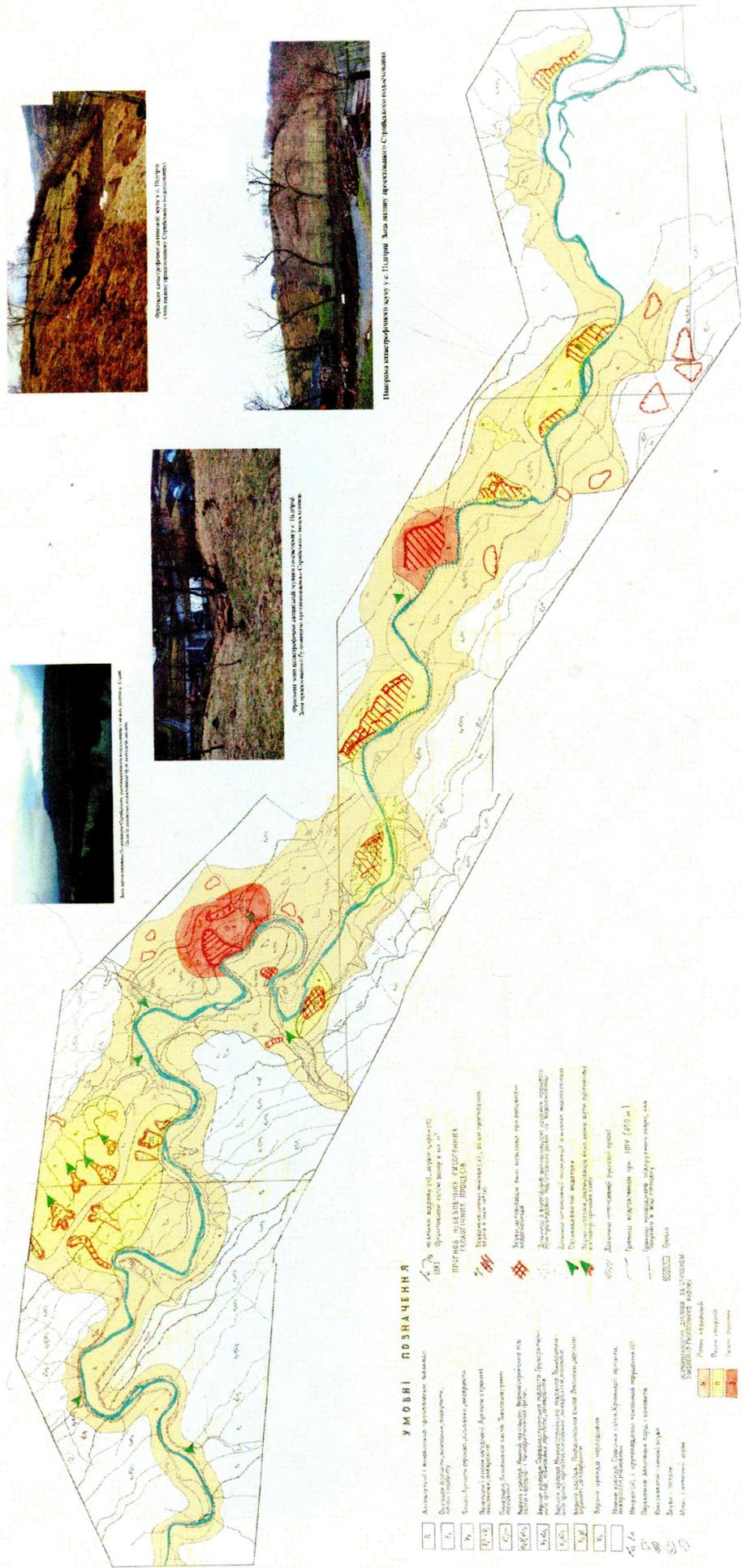
Асиметрія геологічної будови долини р. Стрий визначає суттєві відмінності зсувних процесів у різних її бортах.

Для лівого борту, який має консеквентну будову, характерні структурні зсуви і високий ступінь зсувонебезпечності, який впливає як із структури схилів, так і з широкого розповсюдження сприятливих для зсувів комплексів гірських порід. Одним з найбільших зсувів басейну р. Стрий є Ново-Кропивницький зсув, розташований в кільканадцяти метрах нижче устя р. Н.Кропивник (рис. 4.6). Його розміри 800×500 м (найбільша протяжність і найбільша ширина) при максимальній потужності до 50 м. Час утворення – пізній голоцен, так як він перекриває низьку заплавної терасу.

Під час сходу Н.Кропивницький зсув повністю перекрив долину р. Стрий і був зупинений скальним виступом правого її борту. Внаслідок підпруды долини утворилось озеро, рівень якого, судячи за морфологією поверхні підпруды, що збереглася, досягає 510–515 м. Реконструкція підпруды дозволяє зробити висновок, що початкова довжина зсуву становила не менше, ніж 1200 м.

Після прориву підпруды озеро було висушене. Глибина долини прориву досягає 50 м, лівий її борт, складений зсувними відкладами, має на окремих ділянках крутизну до 40°.

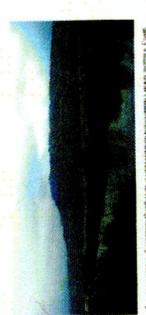
Н.Кропивницький зсув утворився внаслідок підмиву консеквентного схилу. Поверхня відриву відповідає межі розділу спаської, переважно аргілітової і суттєво карбонатної головнінської світ, але можна припустити, що цілий зсувний масив утворився за два або більше етапів. Так, він перетинає і інший зсувоутворювальний контакт головнінської і стрийської світ. За співвідношенням довжини до ширини, Н.Кропивницький зсув можна віднести до зсувів-потоків, але морфологічно він подібний на глетчер (подібність підкреслюється і морфологією утвореної кароподібної виїмки).



Оривчаста берегова форма на річці Стрий у с. Підгір'я. Жовті піски, протекливість, струвкологомакльозанні



Пам'ятник культурного мургу у с. Підгір'я. Жовті піски, протекливість, струвкологомакльозанні



Велика земляна гребля, с. Підгір'я. Жовті піски, протекливість, струвкологомакльозанні



Оривчаста берегова форма на річці Стрий у с. Підгір'я. Жовті піски, протекливість, струвкологомакльозанні

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- 1. Місцевість з висхідною рельєфом - Мамаївці
- 2. Селище міського типу - Мамаївці
- 3. Селище - Підгір'я
- 4. Селище - Підгір'я
- 5. Селище - Підгір'я
- 6. Селище - Підгір'я
- 7. Селище - Підгір'я
- 8. Селище - Підгір'я
- 9. Селище - Підгір'я
- 10. Селище - Підгір'я
- 11. Селище - Підгір'я
- 12. Селище - Підгір'я
- 13. Селище - Підгір'я
- 14. Селище - Підгір'я
- 15. Селище - Підгір'я
- 16. Селище - Підгір'я
- 17. Селище - Підгір'я
- 18. Селище - Підгір'я
- 19. Селище - Підгір'я
- 20. Селище - Підгір'я
- 21. Селище - Підгір'я
- 22. Селище - Підгір'я
- 23. Селище - Підгір'я
- 24. Селище - Підгір'я
- 25. Селище - Підгір'я
- 26. Селище - Підгір'я
- 27. Селище - Підгір'я
- 28. Селище - Підгір'я
- 29. Селище - Підгір'я
- 30. Селище - Підгір'я
- 31. Селище - Підгір'я
- 32. Селище - Підгір'я
- 33. Селище - Підгір'я
- 34. Селище - Підгір'я
- 35. Селище - Підгір'я
- 36. Селище - Підгір'я
- 37. Селище - Підгір'я
- 38. Селище - Підгір'я
- 39. Селище - Підгір'я
- 40. Селище - Підгір'я
- 41. Селище - Підгір'я
- 42. Селище - Підгір'я
- 43. Селище - Підгір'я
- 44. Селище - Підгір'я
- 45. Селище - Підгір'я
- 46. Селище - Підгір'я
- 47. Селище - Підгір'я
- 48. Селище - Підгір'я
- 49. Селище - Підгір'я
- 50. Селище - Підгір'я
- 51. Селище - Підгір'я
- 52. Селище - Підгір'я
- 53. Селище - Підгір'я
- 54. Селище - Підгір'я
- 55. Селище - Підгір'я
- 56. Селище - Підгір'я
- 57. Селище - Підгір'я
- 58. Селище - Підгір'я
- 59. Селище - Підгір'я
- 60. Селище - Підгір'я
- 61. Селище - Підгір'я
- 62. Селище - Підгір'я
- 63. Селище - Підгір'я
- 64. Селище - Підгір'я
- 65. Селище - Підгір'я
- 66. Селище - Підгір'я
- 67. Селище - Підгір'я
- 68. Селище - Підгір'я
- 69. Селище - Підгір'я
- 70. Селище - Підгір'я
- 71. Селище - Підгір'я
- 72. Селище - Підгір'я
- 73. Селище - Підгір'я
- 74. Селище - Підгір'я
- 75. Селище - Підгір'я
- 76. Селище - Підгір'я
- 77. Селище - Підгір'я
- 78. Селище - Підгір'я
- 79. Селище - Підгір'я
- 80. Селище - Підгір'я
- 81. Селище - Підгір'я
- 82. Селище - Підгір'я
- 83. Селище - Підгір'я
- 84. Селище - Підгір'я
- 85. Селище - Підгір'я
- 86. Селище - Підгір'я
- 87. Селище - Підгір'я
- 88. Селище - Підгір'я
- 89. Селище - Підгір'я
- 90. Селище - Підгір'я
- 91. Селище - Підгір'я
- 92. Селище - Підгір'я
- 93. Селище - Підгір'я
- 94. Селище - Підгір'я
- 95. Селище - Підгір'я
- 96. Селище - Підгір'я
- 97. Селище - Підгір'я
- 98. Селище - Підгір'я
- 99. Селище - Підгір'я
- 100. Селище - Підгір'я

Рис. 4.2. Карта прогнозного розвитку екзогенних геологічних процесів у районі Стрийського водосховища Сколівського району Львівської області (відповідно до масштабу 1:25 000)



Рис. 4.3. Фрагмент катастрофічної активізації зсуву у с. Підгірці
(зона впливу проєктованого Стрийського водосховища)



Рис. 4.4 Ново-Кропивницький структурний зсув (долина р. Стрий)

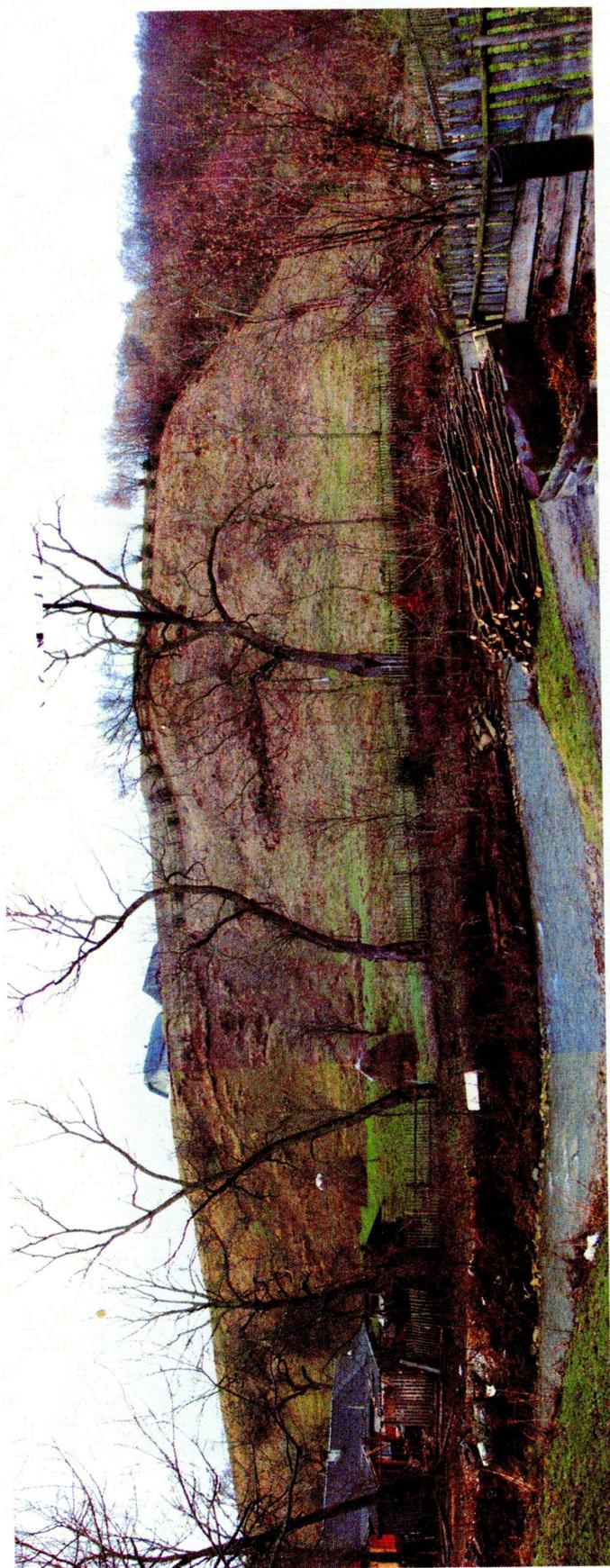


Рис. 4.5. Панорама катастрофічного зсуву в с. Підгірці. Зона впливу проєктованого Стрийського водосховища



Рис. 4.6. Фрагмент Ново-Кропивницького зсуву. На передньому плані зсувна тераса.
Добре видно морфологічні елементи зсуву.

Існують різні оцінки об'єму Н.Кропивницького зсуву. Найближча до істини цифра 8 млн. м³, але ця цифра характеризує тільки збережену частину зсувного масиву. З урахуванням реконструкції розмитої частини зсуву і параметрів виїмки ми оцінюємо його початковий об'єм у 20 млн. м³. Обстеження на місцевості та аналіз матеріалів, достатньою мірою систематичних зйомок за період 1953–1988 р.р. дає підставу вважати, що Н. Кропивницький зсув протягом цього періоду є стабільним. Але все ж таки існує реальна можливість його активізації.

Таку можливість ми пов'язуємо з тим, що зсув був зупинений скальним виступом правого берегу, і був, таким чином, певною мірою закріплений. Подальший розмив частини підпуди в місці її підпори може бути причиною нестійкості зсуву за несприятливих умов. У числі таких причин може бути, крім сеймотектонічної активізації, залучення в сповзання додаткових масивів порід у тилевій частині кароподібної виїмки, яка складена зсувонебезпечними відкладами спаської світи, або процесами в бортах кароподібної виїмки, які також зсувонебезпечні.

Зсувонебезпечні схили в районі Н.Кропивницького зсуву

Аналіз аналогічної ситуації на лівобережній частині долини р. Стрий показує, що зі сходом Н.Кропивницького зсуву розрядилась зсувонебезпечна ситуація великого гірського масиву тільки частково (приблизно на 30 %). Як вище за течією, так і нижче, сучасний стан схилів, їхня морфологія і геологічна будова ідентичні таким на ділянці, в межах якої зсув уже зійшов. Це дає підставу характеризувати ці ділянки як надзвичайно зсувонебезпечні. Місця вірогідного утворення тріщин відриву чітко дешифруються на аерофотознімках. Якщо за морфологією нові зсуви будуть подібні до Н.Кропивницького, то їх вірогідний максимальний об'єм може досягнути відповідно 10–50 млн. м³, з яких у долині, виходячи з її ширини, може відкластися до 50 % об'єму.

Нижче устя р. Перегростина. на крутому лівому схилі долини р. Стрий є значний об'єм глибового делювію, представленого переважно пісковиками

середньострийської підсвіти, що може обрушитися при підмиві. Орієнтовний об'єм – 200 тис. м³.

Нижче за течією, на північному сході с. Довге, можливе формування невеликих неструктурних зсувів, пов'язаних з верхньострийською підсвітою. Схил, уцілому, має тут консеквентну будову, складений верхньострийськими відкладами і є потенційно зсувонебезпечним, з можливим утворенням структурних зсувів. Але за матеріалами аерофотозйомок потенційні площини відриву не виявлені.

Ділянка лівобережжя долини між устям р. Щепняк і створеною плотиною має консеквентну і субконсеквентну будови. Тут спостерігається ряд невеликих зсувів, пов'язаних із літологією порід, морфологією схилу, спровокованих діяльністю людини задовго до початку будівництва (до 1953 р.). Небезпеку становить можливість утворення структурних зсувів. Передумовою для їх утворення є поєднання трьох геологічних факторів, сприятливих для зсувоутворення: літологія (тут розвинуті верхньострийські відклади), структурний контроль (напластування порід і орієнтація схилу майже співпадають), наявність поверхні розділу між двома різними за фізичними властивостями товщами (верхньострийської і середньострийської світ), орієнтованої вниз по схилу. В межах верхньострийської підсвіти простежується чітка система тріщин відриву, паралельних до подошви товщ і добре виражених у рельєфі на місцевості і на аерофотознімках. Загальний об'єм вірогідних структурних зсувів на цій ділянці оцінюється як 5–10 млн. м³.

Наступна зсувонебезпечна ділянка лівобережної долини знаходиться нижче за течією ріки в районі с. Сопот. На цій ділянці долина орієнтована паралельно до геологічних структур, борт складений відкладами середньострийської підсвіти, шаруватість товщі має падіння згідне схилу, чітко дешифруються численні уступи, обумовлені потужними пачками аргілітів, на яких вірогідне утворення тріщин відриву. Загальна протяжність зсувонебезпечного схилу на цій ділянці близько 2,5 км, ширина (в плані) зсувонебезпечної смуги до 500 м, а потужність розрізу перевищує 100 м. Загальний об'єм

зсувонебезпечних відкладів досягає 70 млн. м³. На 3 км нижче за течією, вище устя р. Ямельниця, розташована чергова зсувонебезпечна ділянка. Зсувна небезпека тут визначається трьома геологічними факторами: літологією (нижньострийська підсвіта), структурою (консеквентна будова) і зсувонебезпечною поверхнею великого скибового насуву, площа якого співпадає із загальним простяганням порід і орієнтацією схилів. Орієнтовний загальний об'єм зсувонебезпечних відкладів – до 60 млн. м³. На ділянці, між урочищем Ямельничка і с. Корчин, лівий схил є зсувонебезпечним по всій довжині, зсувна небезпека має ті самі причини, що і на вище розташованих ділянках.

Прогнозний об'єм зсувонебезпечних схилів на окремих ділянках, де намічаються вірогідні стінки відриву, переважно не перевищують 20 млн. м³.

Найбільша зсувopodobна ділянка намічається навпроти устя р. Велика Річка. Тут зсувонебезпечною є межа нижньо- і середньострийської підсвіт, де можливе сповзання значного об'єму порід.

Правобережний схил долини р. Стрий за особливостями геологічної будови безпечніший. Зсувні процеси тут також мають повсюдний розвиток, масштаби їх порівняно невеликі. Тут широко проявлені дрібні зсуви скупчень делювію, практично на всіх комплексах порід, що виходять на поверхню в долині. Найкрупніший зсув, об'єм якого оцінюється в 0,4 млн. м³, розташований нижче устя р. Рибник і пов'язаний, в основному, з олігоценовими відкладами. Походження його, ймовірно, антропогенне, схід зумовлений значною крутизною схилу.

Утворення іншого, порівняно великого, зсуву спостерігалось в 1989 р. біля створу греблі. Спочатку під час будівництва тут був активізований старий невеликий зсув, а потім у процес були залучені непорушені раніше маси гірських порід. Зсув і можливість його активізації були відомі на стадії проектування водосховища. Активізація викликана підрізкою схилу.

Селева небезпека

Помірна селева небезпека в зоні водосховища пов'язана з інтенсивною оранкою значних ділянок схилів і щільною забудовою в долинах р.р. Ст. Кро-

півник і Східничанка. Крім того, у верхів'ях цих рік на схилах установлені численні досить великі неструктурні зсуви, складені, переважно, глинистим матеріалом, які легко можуть активізуватись за сприятливих умов, що створить зсувонебезпечну обстановку. Більшість з цих зсувів можна закріпити посадками.

Утворення великих консеквентних зсувів вірогідне при збільшенні обводненості або сеймотектонічній активізації і на ділянці від плотини до с. В. Синьовидне. Тут на лівобережжі спостерігається ряд зсувів, які інтенсивно підмиваються руслом р. Стрий. Сповзання більших із намічених масивів може призвести до утворення підпрудних водоймищ і у всіх випадках – до формування руйнівних селевих потоків. Селенебезпечними є також притоки р. Стрий-Рибник і Ураганка.

В липні 1980 р. унаслідок катастрофічних зливових атмосферних опадів селевими потоками були зруйновані ділянки автодоріг і мостові переходи в долині р. Стрий. Було затоплено і зруйновано частину присадиб у селах Сопот, Довге, Рибник та ін. Крім того, були затоплені сільськогосподарські угіддя, колгоспні ферми та інші народногосподарські об'єкти.

Для всіх цих ділянок необхідно розробити селезахисні заходи, тому активізація селенебезпечних процесів можлива при будь-яких сприятливих умовах.

4.3.1. Інженерно-геологічні умови вибраної ділянки

Вибрана ділянка приурочена до звуженої частини долини, яка має коритоподібний профіль з крутими, слабозадернованими схилами, які здіймаються над врізом ріки на 180–270 м. Долина р. Стрий, яка сформувалась в четвертинний час на ділянці гідровузла, прорізана рікою вздовж серії розломів, направлених вхрест простягання порід. Ширина її на рівні гребеня греблі 400 м, ширина днища долини 230 м. Дно долини терасоване, вздовж русла прослідковується вузька, шириною 10–30 м, смуга заплави. В межах лівої частини його

розвинута верхня надзаплавна тераса шириною 50–160 м. Правий схил долини, який має в нижній прирусловій частині нахил до 45° , розчленований боковим потоком Ясенів. Лівий схил також має значну крутизну – $18\text{--}35^\circ$.

Корінні породи складені верхньокрейдовими осадовими утвореннями – чергуванням прошарків піщаників та аргілітів, рідко гравелітів і алевролітів потужністю від декількох мм до 1–1,5 м, які моноклінально падають на південний захід під кутом $20\text{--}30^\circ$.

Тріщинуватість порід дуже нерівномірна по площі та в розрізі, що пов'язано з неоднорідною структурно-літологічною будовою масиву. Переважають тріщини нашарування і тектонічні. Перші розвинуті на контактах літологічно різних шарів чи всередині них, характеризуються великою протяжністю, наявністю дзеркал ковзання. Серед тектонічних тріщин переважно розвинуті дві взаємно перпендикулярні системи: субпаралельні і направлені вхрест простягання порід.

У піщаниках тріщини переважно розкриті (до 5–8 мм).

За ступенем вивітреності і розущільнення поблизу поверхні флішеві породи можна розділити на три зони. *Зона 1* – інтенсивно вивітрених порід. У її межах флішеві породи повністю втратили свій первинний вигляд і властивості, перетворились на кутуватий щебінь (аргіліти). *Зона 2* – інтенсивної тріщинуватості і розущільнення. В межах цієї зони повністю зберігається первинний вигляд порід, однак тріщинуватість їх нерівномірна і висока. *Зона 3* – відносно збережених порід, які практично не зазнали вивітрювання. Породи зони *1* рекомендується видаляти з-під основ бетонних споруд. Потужність зони інтенсивно вивітрених порід становить від 1–7,5 м в основі, до 3–12,5 м на схилах і носить вибіркового характеру.

Породи зони *2* потребують часткового покращення, через те, що характеризуються підвищеною водопроникністю. Потужність зони підвищеної тріщинуватості й розущільнення досить нерівномірна: в лівому борті 8–25 м, в основі – 13–50 м, в правому борті 26–72 м. Така значна потужність в правому

крилі, можливо, пов'язана з потужною зоною впливу полого нахиленого правобережного розлому.

Витримані водоносні горизонти відсутні. Водовмісними породами серед флішевих утворень є шари тріщинуватих пісковиків, розділених водотривкими шарами аргілітів. У зоні поверхневого вивітрювання і тектонічних порушень аргіліти також тріщинні та обводнені.

Поверхня дзеркала підземних вод залягає на глибині від 0,5–2,5 м у межах ложа долини, до 15–25 м на схилах.

Ґрунтові води часто являють собою слабоагресивне середовище для бетону за водневим показником і вмістом вільної вуглекислоти.

Підземні води дренуються річковою мережею. Депресійна поверхня круто піднімається в сторону водорозділу і вже в 50–100 м від рівня води при НПР проектованого водосховища досягає цієї відмітки.

Водопроникність флішевих порід на розглядуваних ділянках нерівномірна і невисока. Значення питомої водопроникності змінюється від 0,0001 л/хв до 7–50 л/хв, тобто має всі переходи від практично водотривких до сильноводопроникних порід. При цьому відмічається закономірність в розподілі значень водопроникності. Найбільшою фільтраційною неоднорідністю характеризується зона інтенсивного вивітрювання. В зоні підвищеної тріщинуватості та розущільнення породи володіють більш однорідною водопроникністю та їх середньомаксимальні значення знаходяться в межах 0,14–1,14 л/хв.

Зона 3 відносно збережених порід характеризується слабкою водопроникністю до практично водотривких. Найбільша водопроникність порід спостерігається в основі масиву. Тут корінні породи перекриті дуже сильноводопроникними галечниково-гранітно-пісковиковими утвореннями з коефіцієнтом фільтрації, який досягає 350 м/добу.

Для схилів долини характерна середня водопроникність, за абсолютною величиною більша в правому крилі покрівлі слабководопроникних порід ($<0,05$ л/хв) залягає в донній частині долини на глибині 25–35 м від поверхні скали, на лівому схилі – 10–17 м і на правому – 47–62 м. Збільшення зони

більш проникних порід у правому схилі визване можливо більш високою тектонічною роздрібленістю правобережного блоку.

Враховуючи низькі показники щільності у водонасиченому стані зсувних накопичень лівобережного схилу, слід під верхів'ями клинка земляної греблі їх вийняти, а у верхньому б'єфі провести перепланування зсувного схилу.

Умови залягання порід у цілому сприяють загальній стійкості правого схилу. Для забезпечення його стійкості слід передбачити: для перехоплення підземних вод зі сторони водорозділу вздовж присхилового відкосу спорудження дренажу нижче дна споруди; організований скид поверхневих вод. Спостереження основного складового компоненту фліш-аргілітів при виході на денну поверхню показали, що в умовах періодичної зміни температури і вологи вони швидко вивітрюються, перетворюючись в глинисто-щебнистий ґрунт.

4.3.2. Інженерно-геологічні умови чаші водосховища

Основне призначення водосховища – захист від паводків.

Робочий горизонт, який буде постійно підтримуватися для цілей водопостачання, має відмітку 4755,5 м.

Відмітка НПР, тривалість стану якого порядку 7 діб, – 488,5 м. Рівень з відміткою 493,5 м буде підтримуватися у водосховищі під час великих повеней протягом 6 год. При відмітці НПР 488,5 м підпір розповсюджується на 21 км.

Водосховище звивисте в плані, витягнуте з північного сходу на південний захід, утворюючи крупні вигини в районі Ново-Кропивника і у хвостовій частині. Ширина від 1200 до 200 м. Глибина 47,5 м у пригребельній частині, до 1,0–1,2 м у районі виклинювання підпору.

Водосховище знаходиться в середній течії р. Стрий, в межах Сколівської скиби. Абсолютні відмітки поверхні від 441–442 м у долині ріки, до 818,9–1035,8 м на вершинах гірських хребтів правобережних і лівобережних водорозділів.

Ріка Стрий на ділянці проектованого водосховища приймає ряд приток, найкрупніші праві – р. Рибник, р. Ясенів; ліві – Ст. Кропивник, Східничанка. Крім того, схили долини ріки прорізани V-подібними долинами багаточисельних дрібних рік і тимчасових водотоків. Усі ці водотоки в період інтенсивних зливових опадів утворюють селі і виносять велику кількість уламкового матеріалу. Об'єм конусів виносу, в залежності від площі водозбірного басейну, відслоненості та залісненості, коливається від десятків і сотень м³ до 11–12 тис. м³.

У долині річки Стрий прослідковується шість терас, складених алювієм, у якому переважають гравійно-галечниково-валунні відклади; на надзаплавних терасах вони з глинисто-суглинистим заповнювачем (додаток С).

Бортами водосховища в межах НПР і ФР будуть служити схили низькогірських хребтів Сколівських Бескид, складені інтенсивно дислокованим крейди-палеогеновим флішем, літологічно представленим перешаровуванням аргілітів, пісковиків і алевролітів, рідше вапняків і мергелів. Крутизна схилів 10–15°, 15–25°, рідше більше 25°.

Дислокованість флішу, чергування прошарків різної водопроникності та розвинуті в районі процеси вивітрювання сприяють широкому розвитку зсувів, особливо на ділянках падіння порід у сторону долини ріки. Зсуви діючі сучасні і древні стабілізовані, відрізняються по глибині захоплення порід схилу і площі розповсюдження.

Більшість дрібних зсувів – опливин, спливів, розміщених у межах НПР і вище, пов'язані з виходами підземних вод, захоплюють делювій і верхню частину вивітрених, в основному, аргілітових різновидностей флішу. В межах водосховища долина р. Стрий знаходиться в області складної структурно-тектонічної будови.

В пригребельній частині водосховища прослідковується декілька розривних порушень третього порядку, які пересікають долину. В районі Новокропивницької ділянки, крім розривних порушень, спостерігаються внутрісильольускуваті насуви третього, четвертого і більш високих порядків.

При створенні підпору плотиною до НІР 488,5 м довжина водосховища складає 21 км, ширина 0,25–1,2 км. Борти і дно водосховища складені інтенсивно дислокованими флішовими утвореннями крейди – палеогену, які зверху перекриті малопотужною товщею четвертинних відкладів. Схили чаші водосховища на значних ділянках ускладнені зсувами різних генетичних типів розміром від дрібних ($10\text{--}100\text{ м}^3$) до крупних $1\times 10^7\text{ м}^3$.

Максимальний розмір зсувних деформацій прогнозується на ділянках розвитку крейди-палеогенового флішу, де прослідковуються розривні порушення, орієнтовані до схилу, співпадають з падінням порід.

На ділянках розвитку флішевих відкладів, які попадають в глибину схилу і залягають горизонтально, можлива активізація обвальних процесів, визваних абразією, вимивання і утворення ніш в аргілітах, карнизів у щільних піщаниках з наступним обваленням ступінчастого берега.

Ширина зони підтоплення незначна: 20–30 до 50 м.

4.4. Варіанти протиповеневого захисту, вибір варіанта

У відповідності з завданням на проектування, розглядалися питання:

- обґрунтування варіанта регулювання паводкового стоку як основного компонента комплексу водногосподарських заходів;
- регулювання доцільності регулювання стоку р. Стрий для потреб водозабезпечення і гідроенергетики, у випадках, якщо в якості протиповеневих заходів буде обґрунтоване будівництво водосховища.

Розгляду підлягали три варіанти захисту народногосподарських об'єктів від затоплення:

- системою водосховищ;
- обвалуванням об'єктів затоплення;
- комбінований варіант – системою водосховищ і обвалуванням об'єктів затоплення.

У складі першого варіанта розглянуто 4 водосховища на р. Стрий, назви яким присвоїли за найближчими до створу плотини населеними пунктах. Ці водосховища наступні:

- Ільник;
- Новий Кропивник;
- Ровин;
- Крушельниця¹.

Що стосується водосховищ на р. Стрий, то лише водосховище Ільник розглядалося як протиповене, решта – комплексного використання.

При будівництві одного водосховища в середній течії р. Стрий можливо здійснити декомпенсуючий спосіб регулювання повеней, який дозволяє майже вдвічі зменшити регульовану ємність, порівняно з водосховищем зі звичайним регулюванням при цьому ж ефекті.

Декомпенсуючий спосіб регулювання полягає в такій організації скидних витрат з водосховища, щоб вони в сумі з витратами окремої площі (включаючи р. Опір) в контрольному створі не перевищили очікуваний максимум з окремої площі протягом усієї повені.

В якості контрольного створу прийнятий створ водопосту Верхнє Синьовидне, розміщений безпосередньо за злиттям р. Стрий з р. Опор.

При звичайному способі регулювання для досягнення такого ж ступеня трансформації повені – 1 % забезпеченості, потрібна регульована ємність водосховища приблизно 340 млн. м³.

Водопостачання

Основними споживачами стрийської води є група міст Прикарпатського промислового району – Дрогобич, Борислав, Стрий, Стебник, курорти Трускавець, Моршин, а також обласний центр м. Львів.

Зрошування

Оскільки згадана територія відноситься до зони надлишкового зволоження, то вода для зрошування використовується меншою мірою.

Гідроенергетика

Постала необхідність розглянути можливість побудови на базі протиповеневого водосховища гідроаккумуляційної установки ГАЕС.

Розглянуто дві можливі схеми:

- з використанням водосховища в якості нижнього басейну;
- з використанням водосховища в якості верхнього басейну.

За першою схемою ГАЕС не можлива через відсутність умов для розміщення верхнього басейну.

В умовах розгляду водосховища побудова ГАЕС за другою схемою неекономічна, у зв'язку з необхідністю побудови дуже ємкісних басейнів із застосуванням великої кількості крупногабаритних (низьконапірних) турбінних установок.

4.5. Порівняльний аналіз стану геологічного середовища функціуючого в Польщі Солінського водосховища та проектного Стрийського водосховища

Зона Солінського водосховища в тектонічному відношенні знаходиться у Кросненській зоні. Ділянка Солінського і Мічковського водосховищ приурочена до вузької долини Сану і Солінки, своїми затоками вривається в гірські пасма. Схили круті скалисті, слабозадерновані, здіймаються над врізом ріки в середньому на 400–500 м.

Корінні породи складені нижньо- і верхньокрейдовими осадовими відкладами – перешаровуються темношаруваті пісковики з темними сланцями.

У відкладах верхньої крейди домінуючу роль відіграє пісковик.

Сан тече по вісі синкліналі. Долина обмежена двома хребтами, які складені грубошаруватими пісковиками. Ядро зона синкліналі вповнена сланцево-пісковиковою серією, складена переважно дрібнозернистим пісковиком. Перекристалізований карбонат Са в цементі пісковику робить його стійким

серед інших верств. Саме він утворює гірські хребти. Ці відклади зараховуються до середніх кросненських верств.

Пісковик падає в південно-західному напрямку під кутом 70° . Опір одновісному стисненню становить $800\text{--}1000 \text{ кг/см}^2$, поруватість в невивіреному стані є порядку 2 %. На поверхні розвиваються тріщини вітрового типу і через них може відбуватися фільтрація води.

Вздовж Сану спостерігаються фрагменти абразійної діяльності. Можлива активізація обвально-осипних процесів в окремих місцях, викликаних абразією, вимивання і утворення ніш у менш стійких породах, карнизів у щільних піщаниках з наступним обваленням.

Щодо Стрийського водосховища комплексного призначення, то воно розміщується в середній течії р. Стрий і пересікає Скибову зону Українських Карпат.

У структурному відношенні дана територія розміщується в межах Сколівської скиби Скибової зони Складчастих Карпат, складеної комплексом інтенсивно дислокованих флішевих порід крейди-палеогену.

Вибрана ділянка приурочена до звуженої частини долини, яка має коритоподібний профіль з крутими, слабозадернованими схилами, які здіймаються над врізом ріки на $180\text{--}270 \text{ м}$. Долина Стрия, яка сформувалась в четвертинний час на ділянці гідровузла, вирізана рікою вздовж серії розломів, направлених вхрест простягання порід.

Корінні породи складені верхньокрейдовими утвореннями – чергуванням прошарків піщаників та аргілітів, рідко гравелітів і алевролітів, які моноклінально падають на південний захід під кутом $20^\circ\text{--}30^\circ$.

Тріщинуватість неоднорідна, переважають тріщини напластування і тектонічні. Схили водосховища ускладнені зсувами різних генетичних типів розміром від дрібних ($10\text{--}100 \text{ м}^3$) до крупних ($1 \times 10^7 \text{ м}^3$).

Враховуючи літологічний склад порід, що складають береги Солінського водосховища, можна зауважити, що розповсюдження зсувів у піщаних масивах

досить рідкі. Розвиваються лише обвально-осипні явища, пов'язані з абразійною діяльністю водосховищ.

4.6. Розрахунок ризику розвитку надзвичайних ситуацій при функціонуванні Стрийського водосховища

При функціонуванні водосховища розрахований ризик розвитку надзвичайних ситуацій при функціонуванні Стрийського водосховища (додаток П, Р).

Ризик розрахований за сценарієм катастрофічної активізації Ново-Кропивницького зсуву.

За розрахунковими параметрами водосховища його довжина 21 км, а об'єм 430 млн. м³.

Сценарій активізації Ново-Кропивницького зсуву полягає в різкій зміні фізико-механічних параметрів зсуву у зв'язку із підтопленням.

Розглядалися два сценарії:

- 1) сценарій з мінімумом зсувних деформацій у зв'язку із підтопленням язикової частини зсуву (відбувається зміщення тільки нижньої частини зсуву);
- 2) сценарій з катастрофічним проявом зсувних деформацій при функціонуванні водосховища (відбувається зміщення нижньої та середньої частин зсувного схилу).

Ризик розраховується за формулою

$$Re(H) = W \cdot P(W_n) \cdot Ve(H) \cdot de,$$

де $Re(H)$ – повний економічний ризик втрат від небезпеки H (дол. США/рік); W – швидкість зміщення певного об'єму зсуву (м²/рік); $P(W_n)$ – ймовірність реалізації швидкості зміщення зсуву (долі одиниці); $Ve(H)$ – економічна уразливість об'єкта (долі одиниці); de – вартість об'єкта.

Параметри	Одиниці виміру
1. W	швидкість зміщення зсуву (м ² /рік)
2. $P(W_n)$	ймовірність реалізації швидкості від 0,1 до 1,0
3. $Ve(H)$	економічна уразливість об'єкта від 0,1 до 1,0
4. de	вартість об'єкта 40 дол. США/м ²

За першим сценарієм:

$$\text{Re}(H) = 1000 \text{ м}^2/\text{рік} \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 40 \text{ дол.} \cdot 10\,000 = 100 \cdot 4 \cdot 10\,000 = 4\,000\,000 \text{ дол. США}$$

За другим сценарієм:

$$\text{Re}(H) = 1000 \text{ м}^2/\text{рік} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 10\,000 = 400\,000\,000 \text{ дол. США}$$

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Враховуючи значний дефіцит питної води для міст Дрогобич, Трускавець, Стебник, а також вирішення проблеми зарегулювання поверхневого стоку при паводках та покращення рекреаційних умов Львівщини виконаний практичний та аналітичний комплекс досліджень з відновлення проекту будівництва Стрийського протиповеневого водосховища, будівництво якого було зупинене в 90 роках минулого століття у зв'язку із розвалом колишнього СРСР.

2. Розглянуті основні чинники екологічної безпеки при будівництві водосховища: інженерно-геологічні умови, умови розвитку зсувів, аналіз процесів переробки берегів та порівняльні параметри паводкового гідрологічного режиму. Визначені якісні та кількісні показники стійкості схилів при різних сценаріях техногенного впливу на нього.

3. Науково обґрунтований позитивний результат при відновленості будівництва водосховища, виконана порівняльна характеристику з Солінським водосховищем, яке побудовано у 60 роках минулого століття у аналогічних інженерно-геологічних умовах.

4. Розраховано ризик розвитку надзвичайних ситуацій при функціонуванні Стрийського водосховища за двома сценаріями:

4.1. Виконання функцій протипаводкового захисту.

4.2. Виконання функцій гідроенергетичного об'єкту.

ВИСНОВКИ

У дисертації висвітлено актуальну наукову проблему екологічної безпеки техноприродних геосистем адміністративних областей. Теоретичні та методичні дослідження виконані дисертантом з метою обґрунтування екологічної безпеки ТПГ, апробація, а також розроблені наукові та методичні основи розрахунку інженерного та екологічного ризиків дають змогу зробити наступні висновки:

- проаналізовано й узагальнено фактичний матеріал щодо організації геологічного і суміжних середовищ Львівської області. Виділені гірськоскладчастий, перехідний та платформний типи геологічного середовища в межах відповідних ТПГ;
- досліджені умови та фактори розвитку небезпечних геологічних процесів та їх геодинаміка (зсуви, карст, ерозія, підтоплення);
- обґрунтовані методологічні основи оцінки екологічної безпеки геологічного середовища у зв'язку із природними та техногенно зумовленими чинниками розвитку небезпечних геологічних процесів. Визначені умови геологічного забезпечення урядової інформаційно-аналітичної системи реагування на надзвичайні ситуації регіонального рівня;
- обґрунтовано систему геодинамічного моніторингу, яка дає змогу спостерігати, оцінювати, прогнозувати та управляти процесонебезпечними територіями, які знаходяться під впливом ендегенних та екзогенних процесів;
- визначені принципи здійснення прогнозу змін стану навколишнього середовища, на основі яких у системі екологічного моніторингу розробляються методики прогнозування;
- зроблений ретроспективний аналіз процедури інженерно-геологічного районування процесонебезпечних територій на прикладах середньомасштабних картографічних моделей;
- за результатами робіт виконане районування території досліджень за розвитком зсувних і карстових процесів, за можливістю виникнення НС, в результаті активізації НПП. Проведено геологічний супровід при вивченні та

ліквідації наслідків катастрофічних явищ прояву НГП, визначені умови розвитку НГП та надані рекомендації з їх стабілізації. Особливу увагу приділено зонуванню територій в місцях катастроф за ступенем придатності для господарського освоєння;

- розрахований інженерний ризик у межах зсувонебезпечних територій Львівської області;

- виконано регіональну оцінку карстонебезпечності та оцінку ризику катастрофічного розвитку карсту в результаті техногенного впливу на ділянці "Яворів – Шкло", у зв'язку з експлуатацією сірчанних родовищ. Проведено районування ділянки за ступенем поширення небезпечних карстових явищ. Розроблені прогностичні сценарії змін стану геологічного середовища у зв'язку з затопленням Язівського сірчаного кар'єру та трансформацією гірничопромислового комплексу в рекреаційний;

- визначені прогностичні параметри трансформації гірничопромислового комплексу в рекреаційний (на прикладі Язівського родовища сірки в межах колишнього Яворівського гірничопромислового району);

- реалізовані практичний та аналітичний комплекси досліджень з відновлення проекту будівництва Стрийського протиповеневого водосховища, будівництво якого було зупинене в 90 роках минулого століття у зв'язку з розвалом колишнього СРСР;

- розглянуті основні чинники екологічної безпеки при будівництві водосховища: інженерно-геологічні умови, умови розвитку зсувів, аналіз процесів переробки берегів та порівняльні параметри паводкового гідрологічного режиму. Визначені якісні та кількісні показники стійкості схилів при різних сценаріях техногенного впливу на нього;

- науково обґрунтований позитивний результат відновлення будівництва водосховища, виконано порівняльну характеристику з Солінським водосховищем, побудованим у 60 роках минулого століття в аналогічних інженерно-геологічних умовах.

НАУКОВІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА (на прикладі Львівської області)

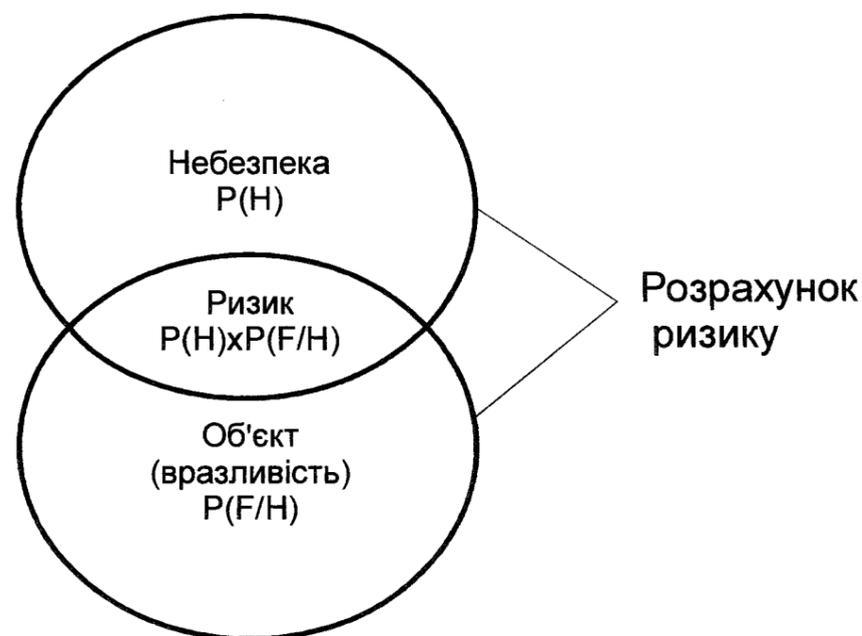
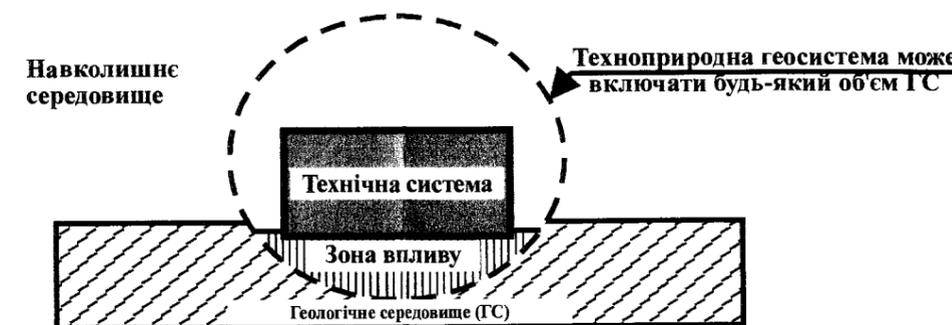


Схема формування ризику від зовнішньої небезпеки. $P(H)$ - вірогідність утворення небезпеки H , яка має певну інтенсивність і час прояву за певний час, $P(F/H)$ - враженість об'єкту для небезпеки H , $P(H) \times P(F/H)$ - ризик певних втрат об'єкту за певний час, що обумовлений небезпекою H

Структура техноприродної геосистеми (ТПГ) і взаємодія інженерної споруди (технічної системи) з геологічним середовищем та іншими зовнішніми середовищами



ТПГ охоплює власне технічну систему (ТС), а також деяку частину навколишнього і ГС у межах так званої зони впливу (ЗВ), або зони впливу технічної системи на ГС.

Алгоритм розрахунку ризику НГП по типах ризику

$S_{33} = F/n$,
де S_{33} - площа задіяна одним зсувом,
 F - загальна площа уражена зсувами,
 n - кількість закадастрованих зсувів

Індивідуальний ризик

$R_i(H) = 0,013 \cdot 1 \cdot 0,25$

$R_i(H)$ — індивідуальний ризик загинути від загрози H , чол./чол.рік);
0,013 - частота виникнення зсувів, випадків/рік
1 — соціальна вразливість у часі (вірогідність знаходження мешканців у зоні враження);
0,25 — ступінь соціальної вразливості для зсувів 5 категорії загрози.

Соціальний ризик

$R_s(H) = R_i(H) \cdot D_p$

де $R_s(H)$ — повний соціальний ризик загинути від загрози H , який дорівнює кількості смертельних випадків від цієї загрози на протязі року;
 D_p — загальна кількість населення в межах оцінюваного об'єкту (щільність населення \times площа уражена усіма зсувами).

Економічний та питомий ризики втрат від загрози зсувів.

$R_e(H) = 0,013 \cdot 0,5 \cdot (1000 S)$,

де R_e — економічний ризик втрат від загрози зсувів;
1000 — припустима щільність національного багатства на один км² території, у.о.;
 S — площа уражена зсувами.

$R_{se}(H) = R_e(H) / \text{площа уражена зсувами}$,

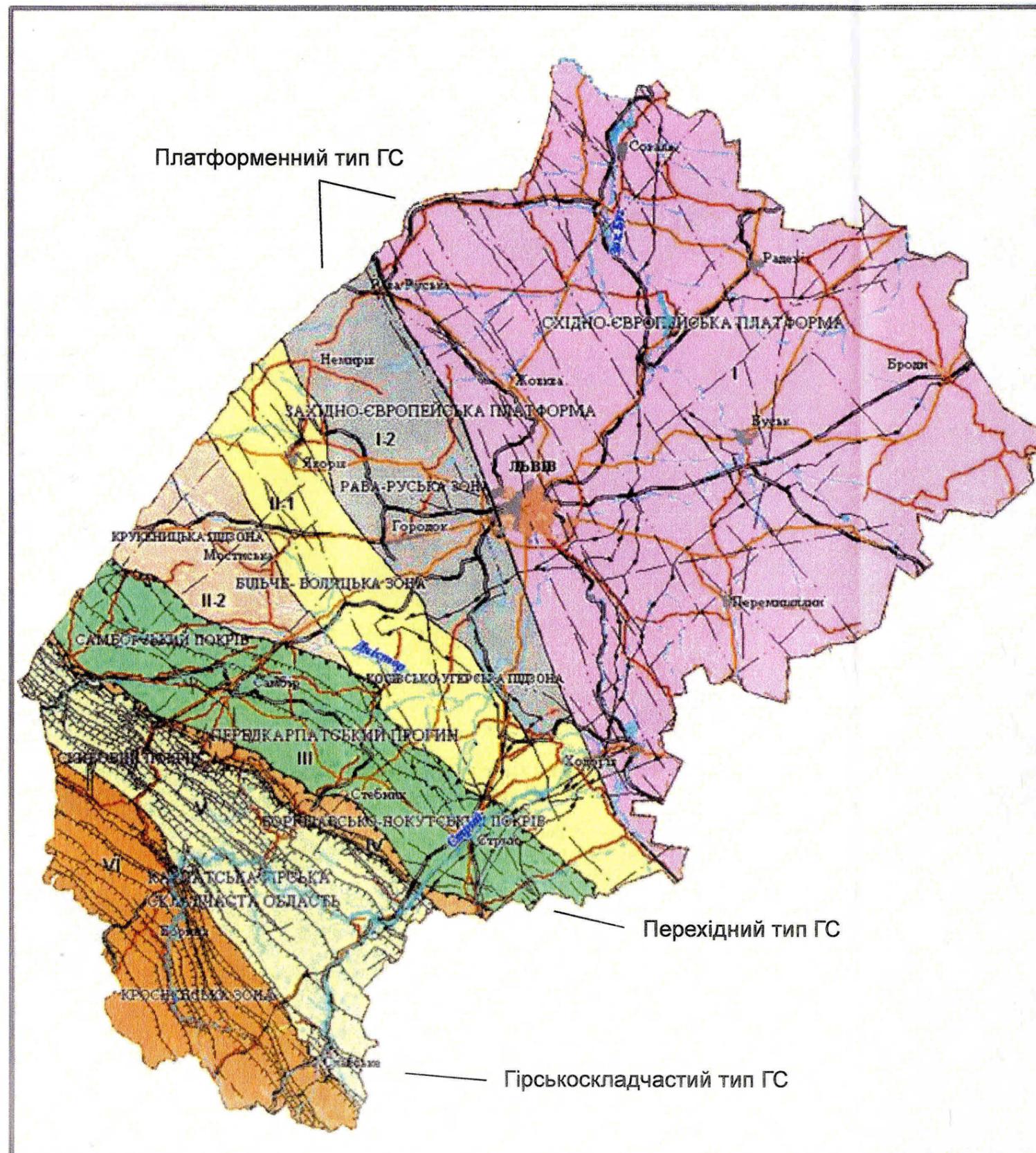
де $R_{se}(H)$ — економічні втрати з одиниці площі;
0,5 — фізична вразливість для зсувів п'ятої категорії.

ТЕКТОНІЧНА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Масштаб 1:1000000

(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

2006р.



Умовні позначення

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНІЧНЕ РАЙНУВАННЯ

- I- Східно-Європейська платформа
- I-2 Західно-Європейська платформа
- Рава-Руська зона
- Передкарпатський прогин
- II- Більче-Волицька зона
- II-1 Косівсько-Угерська підзона
- II-2 Крукеницька підзона
- III- Самборський покрів
- IV- Бориславсько-Покутський покрів
- Карпатська гірська складчаста область
- V- Скибовий покрів
- VI- Кросненська зона

Тектонічні порушення:

- Головні розломи (тектонічні шви), що розділяють структурно-фаціальні зони. (поховані під вищезалгаючими утвореннями)
- a Головні: а) - достовірні, б) - ймовірні;
- б приховані під вищезалгаючими утвореннями: в) - достовірні, г) - ймовірні
- в
- г
- Межі тектонічних зон
- Межі скиб, лусок
- a Другорядні: а) - достовірні, б) - ймовірні
- б

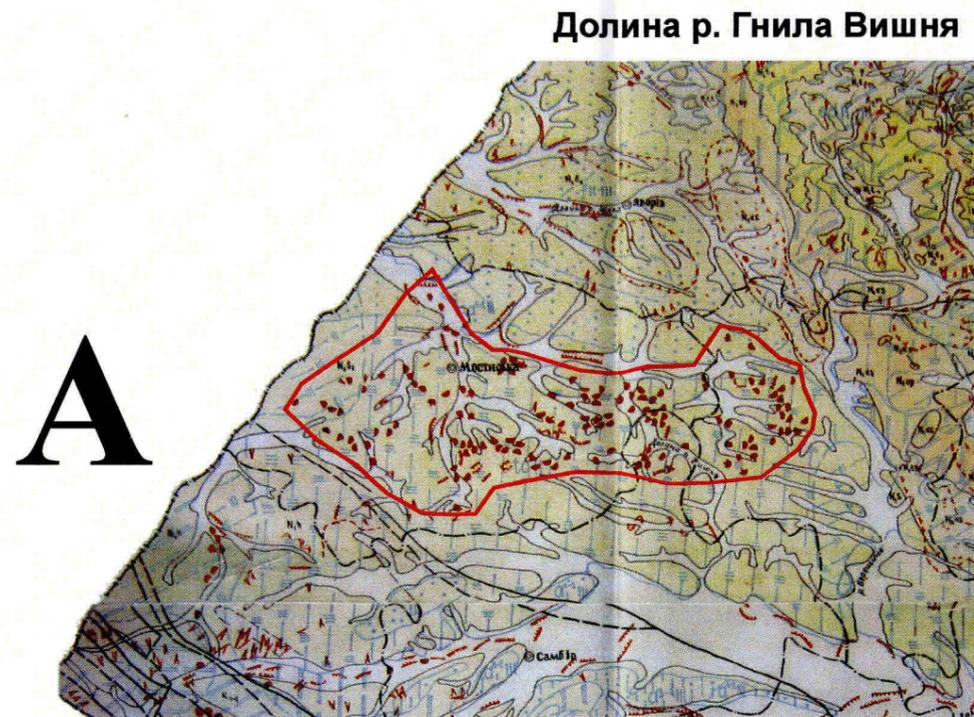
РЕГІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ЗСУВІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ (ВІДПОВІДНО ДО МАСШТАБУ 1:200 000)

ОСНОВНІ РОЗРАХУНКОВІ ПОКАЗНИКИ:

Моделі типових зсувів для відповідної організації геологічного середовища

1. Формування зсувних геосистем у глинах геогенового віку та їх корі вивітрювання геосистема “схил- водотік” з відносно постійним базисом ерозії).

2. Формування зсувів у фліші Карпатської гірськоккладчастої області (геосистема схил- водотік” з тенденцією до постійного поглиблення базису ерозії базисом ерозії).



Зсуви платформеного типу ГС



Делювіальні відклади:

- а) платформи та прогину;
- б) гірськоккладчастої області
- Елювій корінних порід

Зміщені корінні породи:

- а) платформи та прогину;
- б) гірськоккладчастої області

Непорушені корінні породи:

- а) платформи та прогину;
- б) гірськоккладчастої області

Зсуви гірськоккладчатого типу ГС



- Район розповсюдження зсувів
- Зсувна ділянка

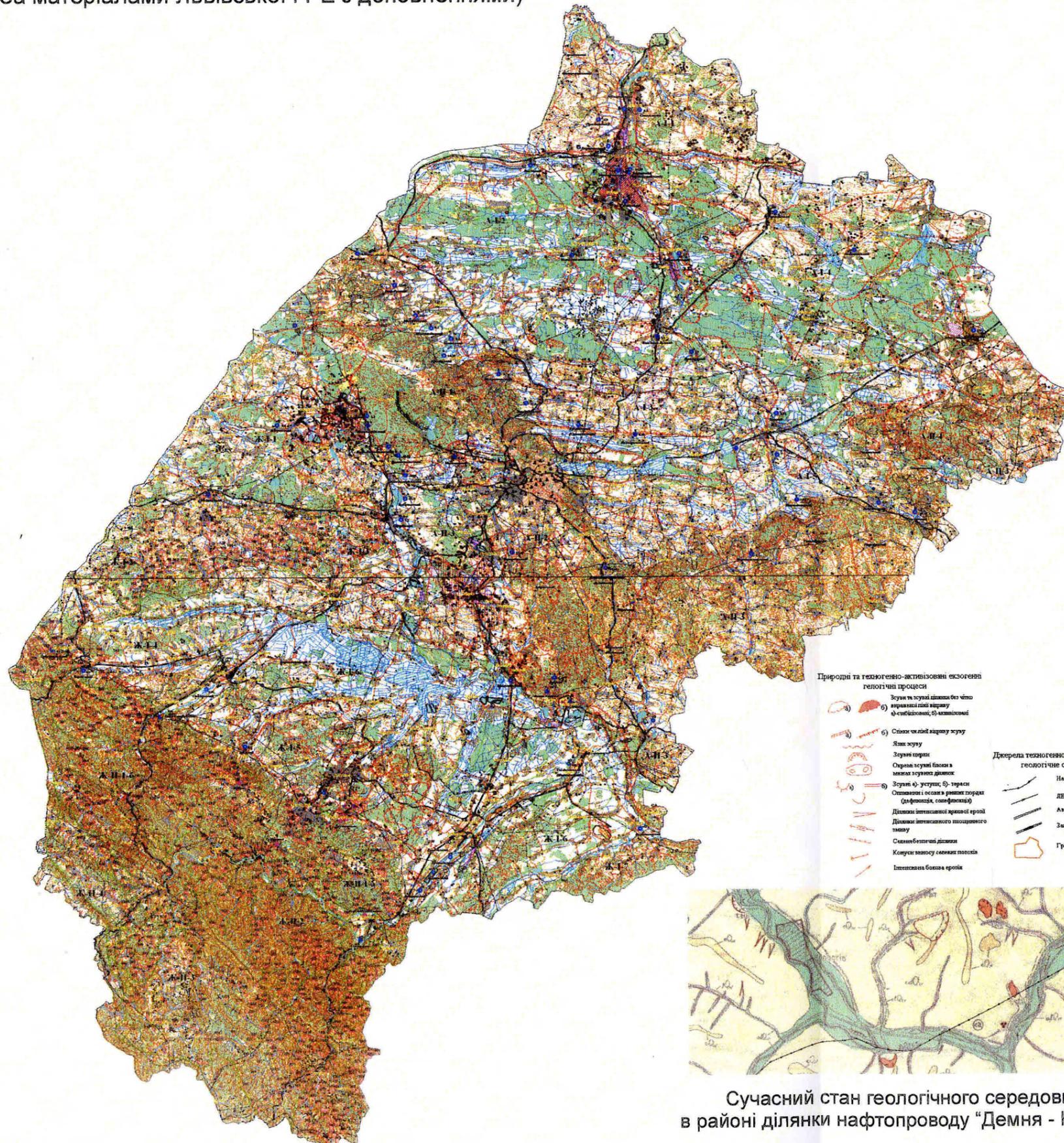
Середні показники фізико-механічних властивостей порід платформеного типу ГС

№	Фізико-механічні параметри порід	Делювіальні відклади	Елювіальні відклади	Корінні глини
1.	Природна вологість, %	22-30	18-23	17-18
2.	Число пластичності	22-30	25-30	28
3.	Показник консистенції	0,01-0,23	0,0-0,18	0
4.	Щільність, г/см ³	2,7	2,7	2,75
5.	Об'ємна вага породи, г/см ³	1,9-2,0	2,07	2,09
6.	Об'ємна вага скелету, г/см ³	1,4-1,8	1,6	1,77
7.	Коефіцієнт водонасичення	0,97-1,0	0,95-0,99	0,554
8.	Пористість ґрунту, %	39-48	36-42	35,6
9.	Зчеплення в природному стані, МПа	0,042	0,087	0,091
10.	Кут внутрішнього тертя, град.	5-11	19	22
11.	Зчеплення після замочування ґрунту, МПа	0,012	0,045	0,055
12.	Кут внутрішнього тертя після замочування, град.	5-7	14	15

КАРТА ПОШИРЕННЯ ЕКЗОГЕННИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

Масштаб 1:200000



I. Природні та техногенно - активізовані екзогенні геологічні процеси

- Зсуви та зсувні ділянки. Цифри - їх номер згідно каталогу
- Опшви і основи в різних породах
- Опшви осипи ділянки
- Кам'яні розливи (курули)
- Обвалювання
- Ярусна ерозія
- Ділянки інтенсивної ярусної ерозії
- Бокова ерозія
- Площина ерозія (на схилах)
- Селепобіжний потік
- Карст. Вухвалом позначаються Г-карст гіпсований (солоний), С-сульфатний, К-карбонатний
- Окремі карстові ліній, западини чи їх групи
- Техногенні карсти (спричинені чи активізовані штучною зміною водного режиму території)
- Контури ділянки розповсюдження карстових процесів
- Ділянки інтенсивного прояву карстових процесів
- Техногенні обрушення (провали) над підземними виробками
- Засолення
- Процеси болотоутворення
- Періодичні підтоплення
- Періодичні повені

II. Оцінка змін природних та техногенно-активізованих екзогенних геологічних процесів

- Зсувній території, що не мають тенденції до розвитку
- Зсувній території з можливою активізацією
- Зсувній території з вираженою тенденцією до активізації процесу
- Території, що мають тенденції до розвитку селевічних процесів
- Території періодичного природнього підтоплення заплав, низьких надзаплавних терас та повільних рельєфу
- Території періодичного техногенного підтоплення за комплексом факторів
- Території підтоплення сільських населених пунктів (2004-2005рр.)
- Території підтоплення міських населених пунктів (2004-2005рр.)
- Території підтоплення міських населених пунктів (2004-2005рр.)
- Території природнього підтоплення заплав, низьких надзаплавних терас та повільних рельєфу (2004-2005рр.)
- Території техногенного підтоплення за комплексом факторів (2004-2005рр.)
- Території підтоплення пов'язаного з шахтами (2004-2005рр.)
- Території природнього підтоплення заплав, низьких надзаплавних терас та повільних рельєфу (2006рр.)
- Території техногенного підтоплення за комплексом факторів (2006рр.)
- Території з інтенсивним розвитком поверхневих карстових форм (2003-2005рр.)
- Ділянка катастрофічного карстового провалу 21.02.06р. с. Піски

III. Інші спеціальні умовні позначення

- A-П-З** Границі морфоструктур та їх індекс
- Границі і номери басейнів першого порядку:
 - 3.1 - Басейн р. Дністер (випл. Могильов - Подільська ГЕС)
 - 6 - Басейн р. Прип'ять
 - 14 - Басейн р. Західний Буг
- Основні пункти водопостачання
- Водобір джерела. Цифри зверху - індекс геологічного віку водонасичених порід, справа - водооб'єм, тис. м3/доб, внизу - його назва
- Водобір колодця. Цифри зверху - індекс геологічного віку водонасичених порід, внизу - його назва
- Головний пункт
- Рівень
- Сільовода
- Грунтова добувна шахта
- Вугільні шахти
- Солончаківі шахти
- Сольні шахти
- Грунтова добувна кар'єри
- Площі формування депресійних лічок
- Споруджені водобійця (стари, водосховища)
- Річки
- Населені пункти та їх назва
- Лісові зони (ліси, парки, сади)
- Нафтогазопроводи
- Лінії електропередач
- Водогін
- Великі промислові підприємства
- Автомобілі
- Залізниця

Природні та техногенно-активізовані екзогенні геологічні процеси

- Зсуви та зсувні ділянки без чітко вираженої лінійної структури (а - членивості, б - хаотичності)
- Селевічні потіки
- Ярусна ерозія
- Зсувні горби
- Окремі зсувні фони в місцях зручності ділянки
- Зсувні ф. уступів, ф. тераси
- Опшви і основи в різних породах (а - флювіальні, б - еолові)
- Ділянки інтенсивної ярусної ерозії
- Ділянки інтенсивного площинного змуну
- Селевічні ділянки
- Контури змуну селічних потоків
- Інтенсивна бокова ерозія
- Джерела техногенного навантаження на геологічне середовище
- Нафтопроводи
- ЛП
- Автомобілі
- Залізниця
- Границі населених пунктів



Сучасний стан геологічного середовища в районі ділянки нафтопроводу "Демня - Коростів"

III. ГЕОМОРФОЛОГІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ

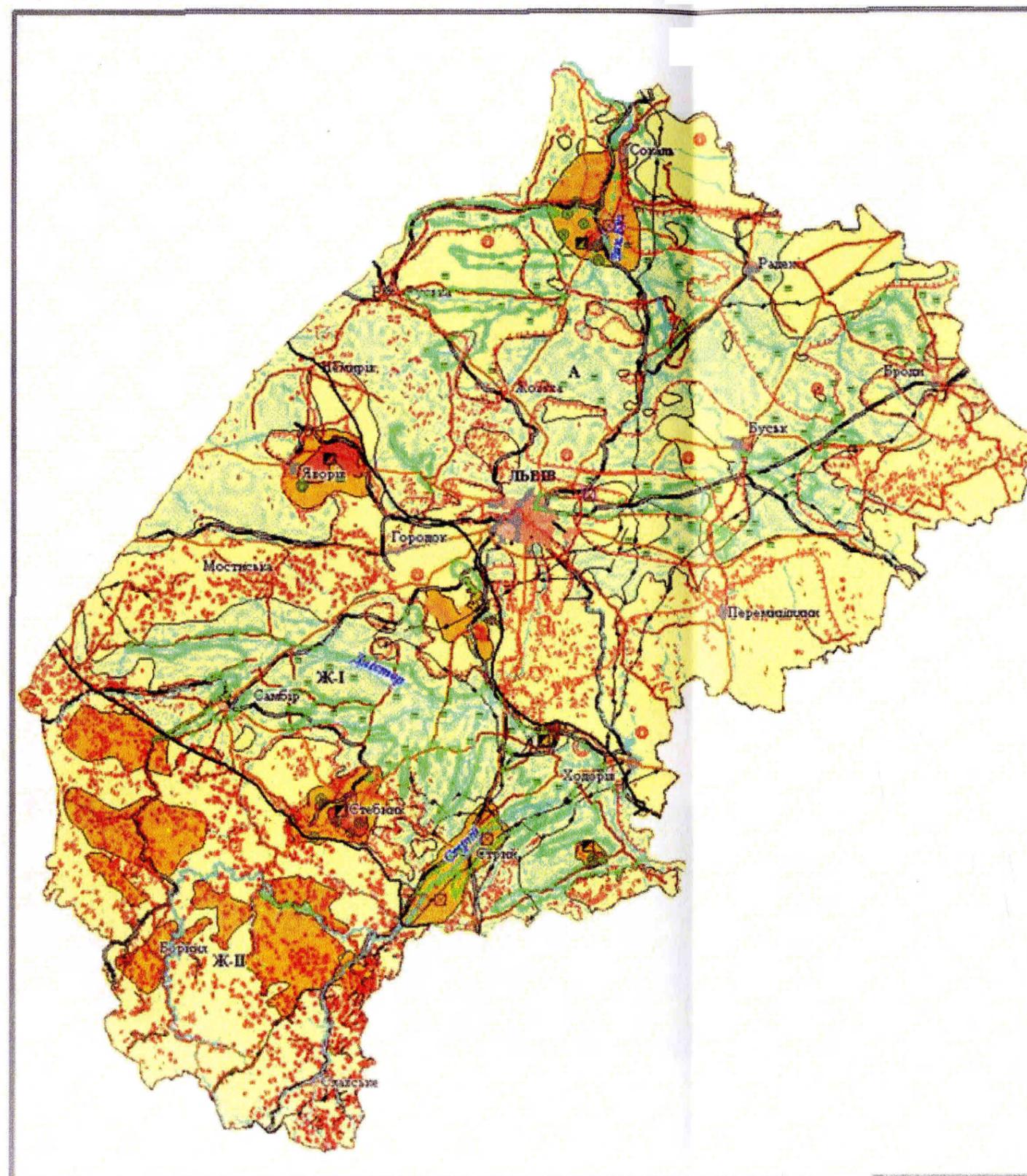
Провінція (морфоструктура I порядку та її індекс)	Область (морфоструктура II порядку та її індекс)	Підобласть (морфоструктура III порядку та її індекс)	Район (морфоструктура IV порядку та його індекс)
А. Волинська - Подільська	А.І Волинська - Малопопільська	А.І.Волпінська	А.І.1 Сокальсько - Торчинська пасово-лісова височина
			А.І.2 Пліско-хвильста денудацино-аккумулятивна рівнина Рати
		А.І.Малопопільська	А.І.3 Пасмо-котловина аккумулятивно-денудацина височина Пасмового Побужжя
			А.І.4 Хвильста денудацино-аккумулятивна Буго-Старська рівнина
			А.І.5 Хвильста-горбиста денудацино-аккумулятивна Північно-Передодільська (Бродська) рівнина
	А.ІІ Подільська	А.ІІ.Розтоцько-Опільська	А.ІІ.1 Горбисте пасмо Розточчя
			А.ІІ.2 Львівське плато
			А.ІІ.3 Сильно розчленована скульптурна височина Опілля
Ж. Карпатська	Ж.І Передкарпатська	Ж.І Західно-Передкарпатська	Ж.І.1 Надсанська задрово-аккумулятивна рівнина
			Ж.І.2 Сансько-Дністровська вододільна скульптурно увалисто-горбиста височина
		Ж.І Центрально-Передкарпатська	Ж.І.3 Городоцько-Комаринська увалиста рівнина
			Ж.І.4 Самборсько-Хирівське терасове передгір'я
	Ж.ІІ Карпатська гори	Ж.ІІ Зовнішні (Скибові) Карпати	Ж.ІІ.1 Район високогірного рельєфу північних крайових хребтів і Верхньо - Дністровських Бескид
			Ж.ІІ.2 Район середньогірських моноклінальних хребтів Скопівських Бескид
		Ж.ІІ Вододільно-Верховинські Карпати	Ж.ІІ.3 Район низькогірного рельєфу Стрийсько-Санської Верховиня
			Ж.ІІ.4 Верховинський вододільний хребет

КАРТА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗВИТКОМ ЕКЗОГЕННИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

Масштаб 1:1000000

2006р.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

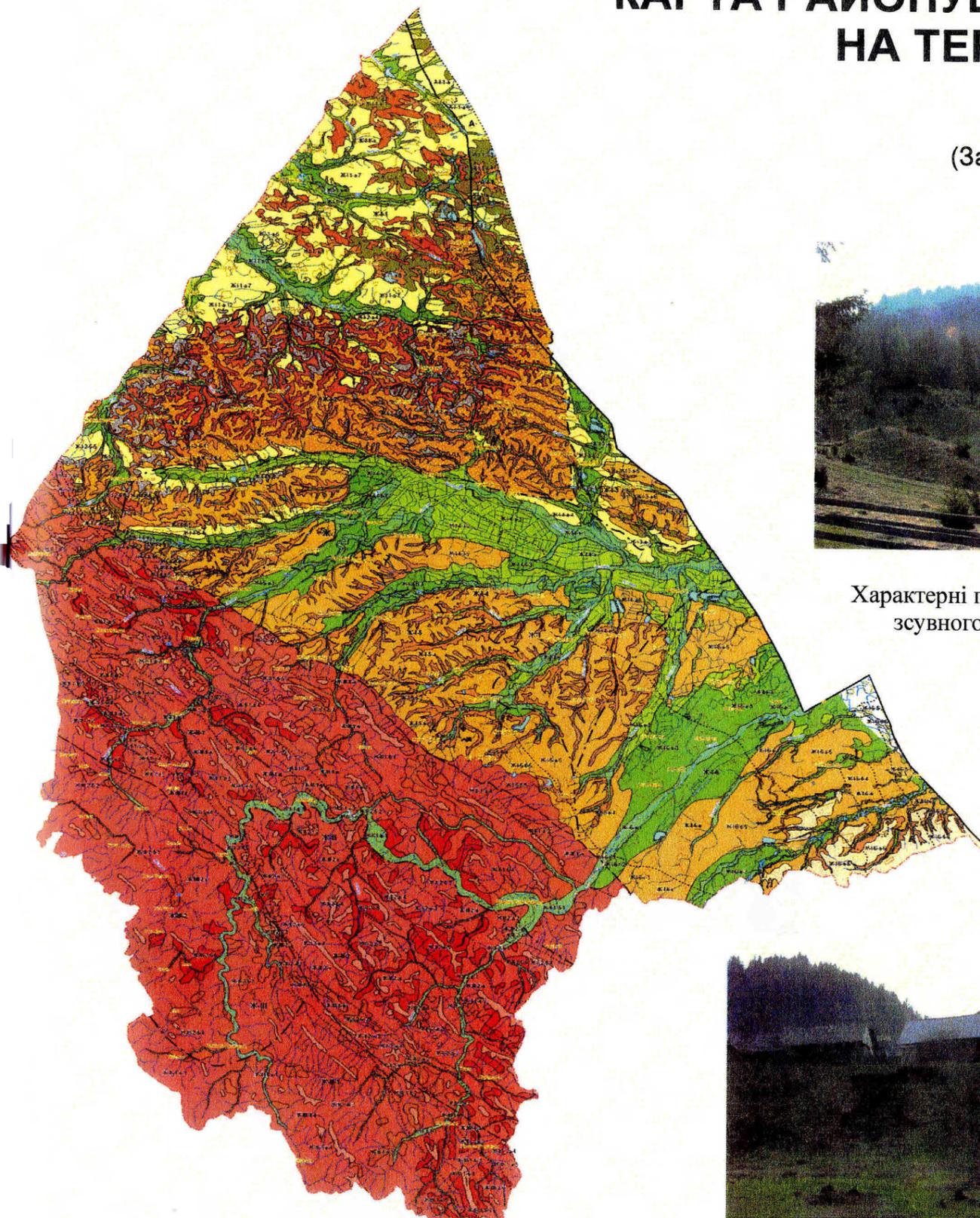
- I. СТУПІНЬ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ**
- Ризик незначний
 - Ризик помірний
 - Ризик значний
 - Ризик катастрофічний
- II. ФАКТОРИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ (ПЕРЕВАЖАЮЧІ)**
- Техногенний
 - Зсувний
 - Ерозійний
 - Карстовий
 - Границя розповсюдження карстових процесів
 - Селевий
 - Зона максимального забруднення поверхневих і підземних вод
 - Просадки території (провали)
 - Засолення
 - Періодичні повені і підтоплення
 - Процеси болотоутворення
- III. ІНШІ СПЕЦІАЛЬНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ**
- А Границі і індекси геоструктурного регіону та геоморфологічної області
 - ЖІ Південно-Західна окраїна Східно-Європейської платформи
 - Ж Карпатська гірськоскладчаста область
 - ЖІ Передкарпатська
 - ЖІІ Карпатська
 - Рудки
 - Населені пункти та їх назва
 - Нафтогазопроводи
 - Автошляхи
 - Залізниця

КАРТА РАЙОНУВАННЯ ЗА УМОВАМИ РОЗВИТКУ ЗСУВІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

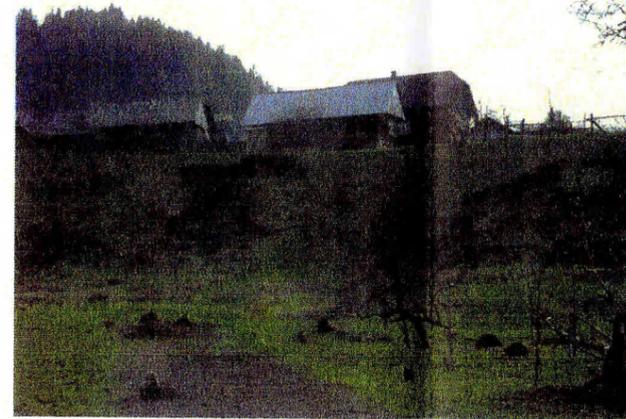
Масштаб 1:200000

(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

У м о в н і п о з н а ч е н н я



Характерні грядово-горбисті форми зсувного тіла текучого типу



Опливини в базисній частині зсувної ділянки стаціонарного режиму „Кам'янка” (верхів'я р. Кам'янка)

І. Границі та індекси таксономічних одиниць

- регіонів
- областей
- районів
- підрайонів
- ділянок

II. Ділянки Стратиграфо-генетичні утворення четвертинних відкладів

- | | | |
|--|--|---|
| ГОЛОЦЕН | | Техногенні утворення: Гіричі відвали, Щебінь, дресва, глина, суглинок (тН) |
| | | Біогенні відклади: Торфяногумусові ґрунти (бН) |
| НЕОПЛЕЙСТОЦЕН (ВЕРХНЯ ЛАНКА - ГОЛОЦЕН) | | Еолові відклади: Піски (vН) |
| | | Алювіальні відклади русел і заплавної терас: Піски, суглинок, суглинок, гравій, галечники (alН) |
| | | Еолові відклади: Піски, суглинок (vP ₁₁₁ Н) |
| | | Депозитивно-зсувні відклади: Глина, суглинок, відторжені до четвертинних порід (dsP ₁₁₁ Н) |
| | | Депозитивні відклади: Суглинок, суглинок, в підлозі з жорсткою, щебенем, брилами (dP ₁₁₁ Н) |
| | | Депозитивно-колювальні відклади: Суглинок, суглинок, щебінь, брили (dsP ₁₁₁ Н) |
| | | Нерозчленовані епізоційно-депозитивні відклади: Суглинок, суглинок, глина з гіпсом, жорсткою, щебенем (edP ₁₁₁ Н) |
| | | Десикційний ступінь: Алювіальні відклади першої надзаплавної тераси: Піски, суглинок, суглинок, галечники (eP ₁₁₁ ds) |
| | | Нерозчленовані еолово-депозитивні та епізоційні відклади: Суглинок та суглинок песовидні (vd, eP ₁₁₁) |
| | | Нерозчленовані еолово-депозитивні та епізоційні відклади: Суглинок середній та легкий, грудкуватий, пористий (vd, eP ₁₁₁ ii) |
| НЕОПЛЕЙСТОЦЕН (СЕРЕДНЯ ЛАНКА) | | Епізоційно-депозитивні відклади: Глина і суглинок середній та важкий, грудкуватий, іноді з карбонатними новоутвореннями (edP ₁) |
| | | Типігульської кліматоні: Нерозчленовані флювіогляціальні відклади: Піски (fP ₁ il) |
| | | Нерозчленовані п'ювікові з флювіогляціальні відклади: Суглинок і глина валунні, піски з гравієм, галькою, валунами (g, fP ₁ al) |
| | | Типігульської кліматоні: Нерозчленовані п'ювікові відклади: Суглинок і глина валунні, піски з гравієм, галькою, валунами (gP ₁ il) |

$S_{33} = F/n$,
де S_{33} – площа задіяна одним зсувом,
 F – загальна площа уражена зсувами,
 n – кількість закастрованих зсувів

Індивідуальний ризик

$R_i(H) = 0,013 \cdot 1 \cdot 0,25$

$R_i(H)$ — індивідуальний ризик загинути від загрози H , чол./чол. · рік);

0,013 – частота виникнення зсувів, випадків/рік

1 — соціальна вразливість у часі (вірогідність знаходження мешканців у зоні враження);

0,25 — ступінь соціальної вразливості для зсувів 5 категорії загрози.

Соціальний ризик

$R_s(H) = R_i(H) \cdot D_p$

де $R_s(H)$ — повний соціальний ризик загинути від загрози H , який дорівнює кількості смертельних випадків від цієї загрози на протязі року;

D_p — загальна кількість населення в межах оцінюваного об'єкту (щільність населення x площа уражена усіма зсувами).

Економічний та питомих ризики втрат від загрози зсувів.

$R_e(H) = 0,013 \cdot 0,5 \cdot (1000 S)$,

де R_e — економічний ризик втрат від загрози зсувів;

1000 — припустима щільність національного багатства на один км² території, у.о.;

S — площа уражена зсувами.

$R_{se}(H) = R_e(H) / \text{площа уражена зсувами}$,

де $R_{se}(H)$ — економічні втрати з одиниці площі;

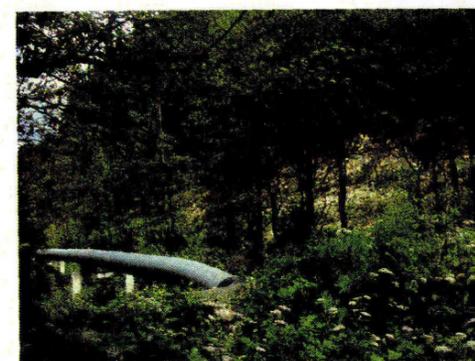
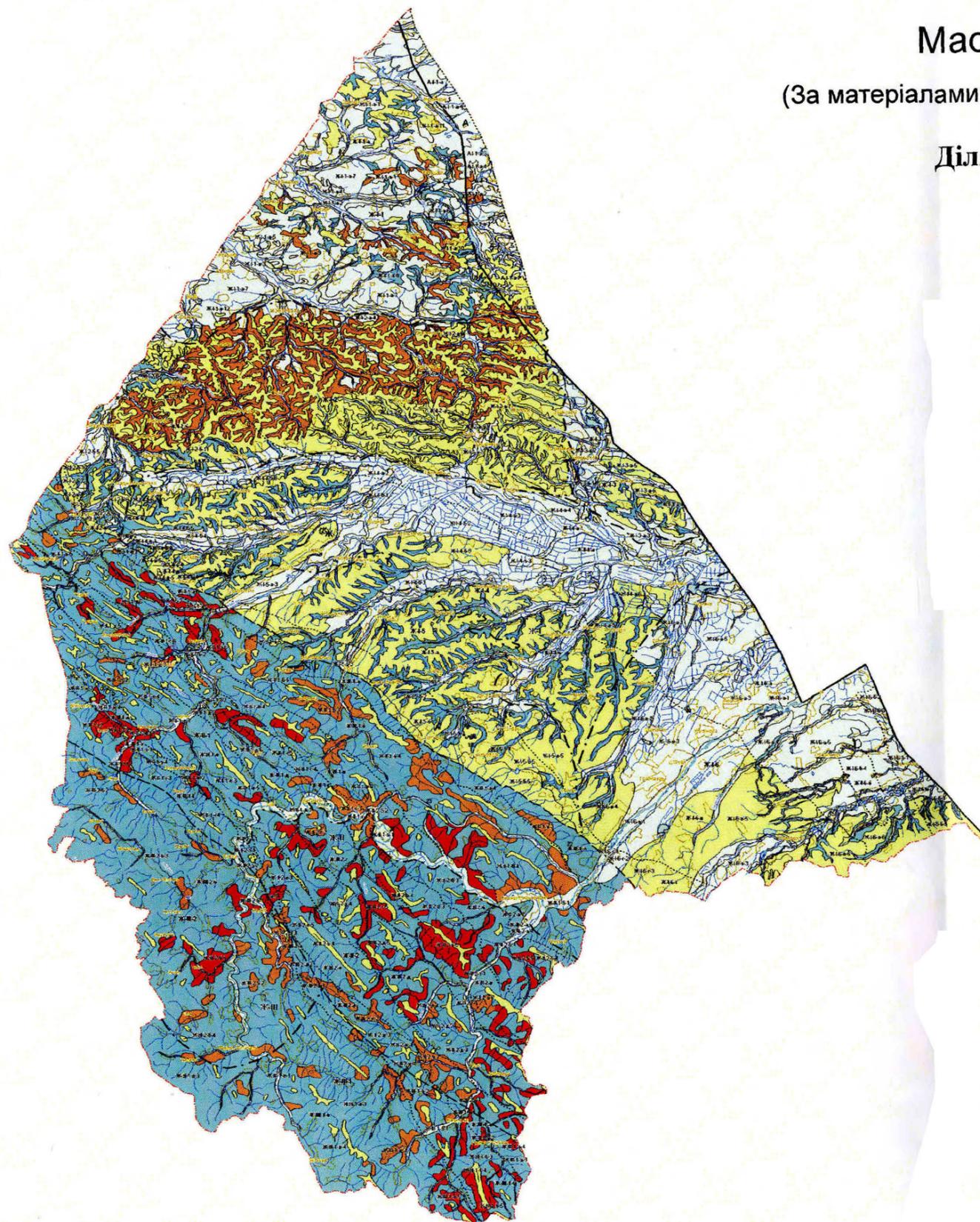
0,5 — фізична вразливість для зсувів п'ятої категорії

КАРТА РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЩОДО ЗДАТНОСТІ ЗСУВІВ ЗУМОВЛЮВАТИ НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ

Масштаб 1:200000

(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

Ділянки значного ризику виникнення надзвичайних ситуацій у Карпатах



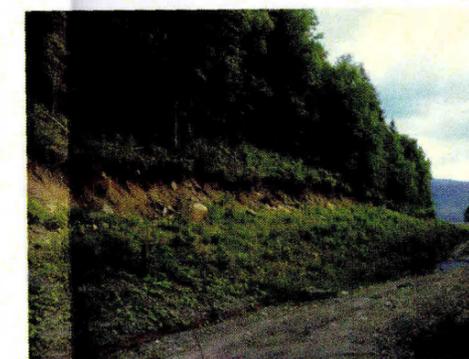
Долина р. Орява



Долина р. Орява



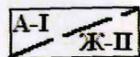
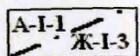
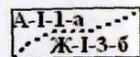
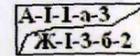
Гирло р. Кам'янка



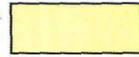
Підріз зсувного схилу трасою нафтопроводу (район Сколе)

У м о в н і п о з н а ч е н н я

I. Границі та індекси таксономічних одиниць

-  Регіонів
-  Областей
-  Районів
-  Підрайонів
-  Ділянок

II. Ступінь ризику території щодо здатності зсувів зумовлювати НС

-  Значного ризику
-  Ризику
-  Потенційного ризику
-  Малого ризику
-  Умови для розвитку зсувів відсутні

КАРТА РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА УМОВАМИ РОЗВИТКУ КАРСТУ

Масштаб 1:200000

(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)



Карстова лійка в долині р. Шкло

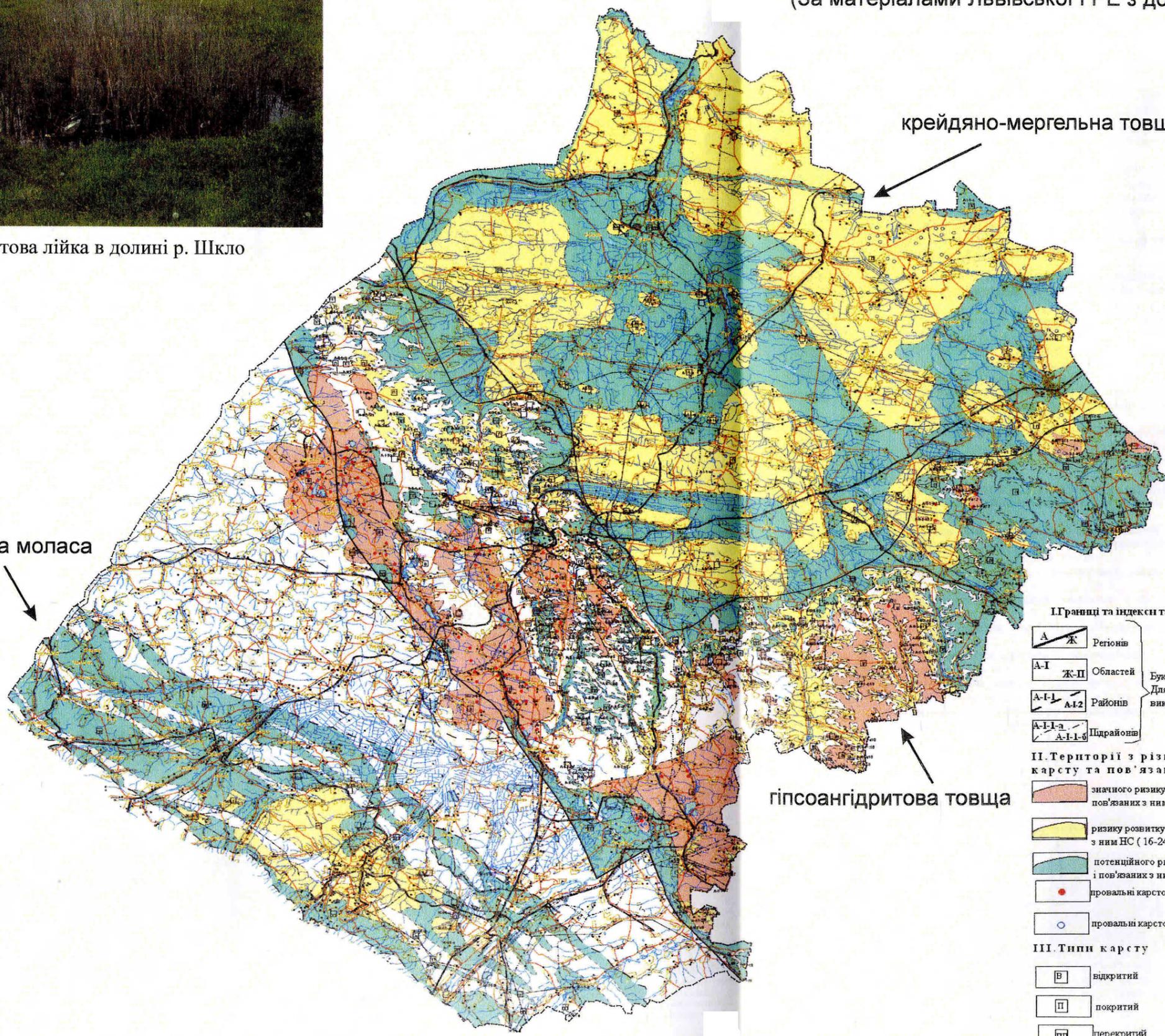


Система картових лійок в поймі р. Шкло (№ по кадастру 798)

крейдяно-мергельна товща

гіпсоангідритова товща

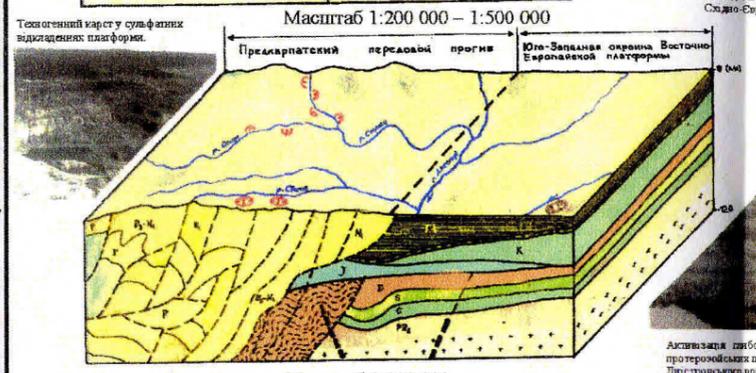
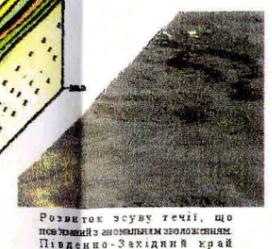
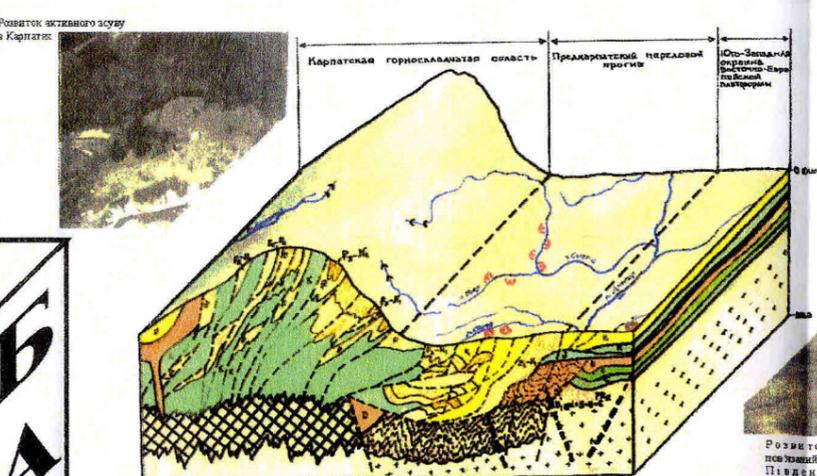
соляна моласа



У м о в и н і п о з н а ч е н н я

- | | | | |
|--|---|----------------------|-------------------------------|
| I. Границі та індекси таксономічних одиниць | | III. Інші позначення | |
| | Регіонів | | Населені пункти та їх назва |
| | Областей | | Споруджені водосховища, стави |
| | Районів | | Нафтогазопроводи |
| | Підрайонів | | Водогіи |
| II. Території з різними умовами розвитку карсту та пов'язаних з ними НС. | | | Продуктопроводи |
| | значного ризику розвитку карсту і пов'язаних з ним НС (більше 24) | | Лінії електропередач |
| | ризичу розвитку карсту і пов'язаних з ним НС (16-24) | | Залізниця |
| | потенційного ризику розвитку карсту і пов'язаних з ним НС (8-16) | | Автошляхи |
| | провальні карстові воронки активізовані | | |
| | провальні карстові воронки стабільні | | |
| III. Типи карсту | | | |
| | відкритий | | |
| | покритий | | |
| | перекритий | | |

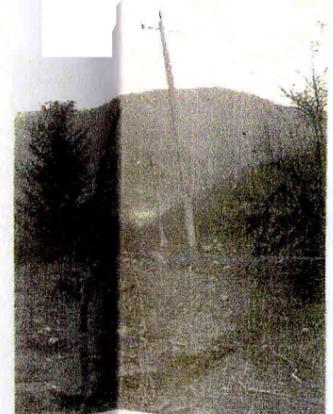
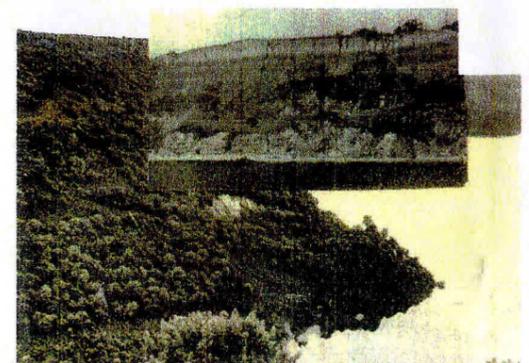
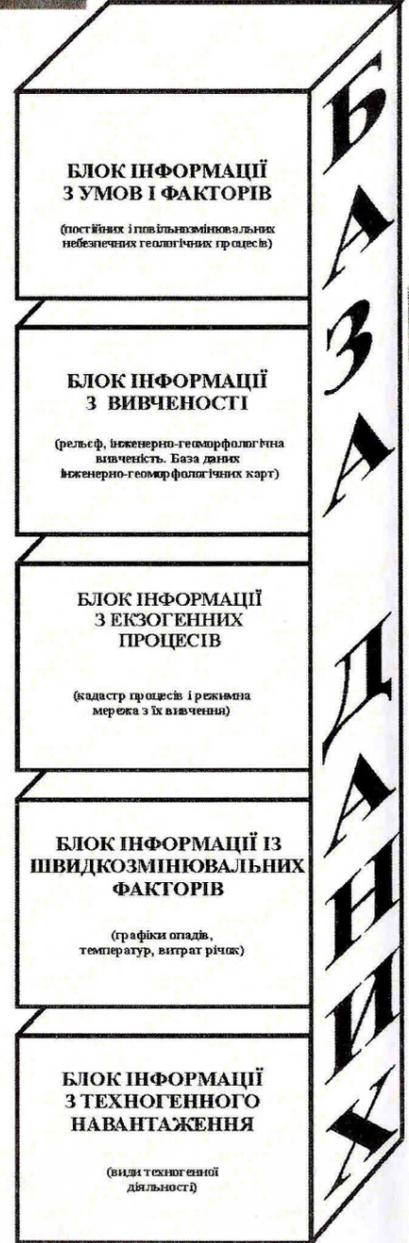
ТИПИ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОПРИРОДНИХ ГЕОСИСТЕМ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ



Сучасний стан території с. Старий Язів. Інтенсивний розвиток яркової ерозії внаслідок великої кількості польових доріг та їх інтенсивного використання (на знімку біле). Масштаб 1:18 000 (А.М.Денисевич, Г.І.Рудько, 2001 р.)

Умовні позначення:

- селі
- зсуви
- соляний карст
- сульфатний карст



РЕГІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ (масштаб 1:200 000 – 1:500 000)

Логічна основа – характер формування і сучасний стан геоморфосфери, формування і розвиток літосферно-геодинамічних комплексів і басейнових геосистем.

Картографічна основа – карти інженерно-геоморфологічного районування із врахуванням факторів, карти закономірностей розвитку екзогенних рельєфоутворювальних процесів.

Математична основа – база даних, що акумулює всю інформацію з досліджуваного об'єму геоморфосфери.

Функціонування – імовірнісний і тимчасовий прогноз небезпечних рельєфоутворювальних процесів, розробка управлінських рішень з перспективного планування господарського освоєння території.

РЕГІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ (масштаб 1:200 000)

Логічна основа – концепція взаємозв'язку рельєфу та гідрмережі із блоковою тектонікою, ієрархія блокових структур, характеристика літосферно-геодинамічних комплексів.

Картографічна основа – карти просторово-часових закономірностей розвитку небезпечних рельєфоутворювальних процесів (землетруси, зсуви, карст).

Математична основа – система математичних залежностей і формалізоване уявлення небезпечних рельєфоутворювальних процесів.

Функціонування – імовірнісний і часовий прогноз небезпечних рельєфоутворювальних процесів, розробка управлінських рішень щодо складання схем районного планування території.

СПЕЦІАЛЬНІ МОДЕЛІ ПРИРОДНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ "ОБМЕЖЕНИЙ ПЕРІОД ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ"

На прикладі Стрийського водосховища

а) **Гідротехнічний комплекс** на стадії оптимального функціонування Стрийське водосховище. Масштаб 1 : 25 000.

Логічна основа – концепція блокових і кільцевих структур, що виражені в сучасному рельєфі та характері послаблених зон, закономірності розвитку небезпечних рельєфоутворювальних процесів.

Картографічна основа моделі – карти масштабу 1 : 25 000, відображені закономірності розвитку зсувів і карсту, режимна мережа за їх значенням і техногенне навантаження.

Математична основа моделі базується на розрахункових схемах стійкості схилів з урахуванням переробки берегів водосховища.

Управлінські рішення передбачаються у розробці схеми інженерного захисту та корегування.

б) **Гірничопромисловий комплекс** на стадії ліквідації.

Масштаб 1 : 10 000.

Логічна основа моделі – закономірності розвитку сульфатного карсту.

Картографічна основа – геологічні, гідрогеологічні та інженерно-геоморфологічні карти масштабу 1 : 10 000.

Математична основа – розрахункові показники різних методів інженерного з а х и с т у

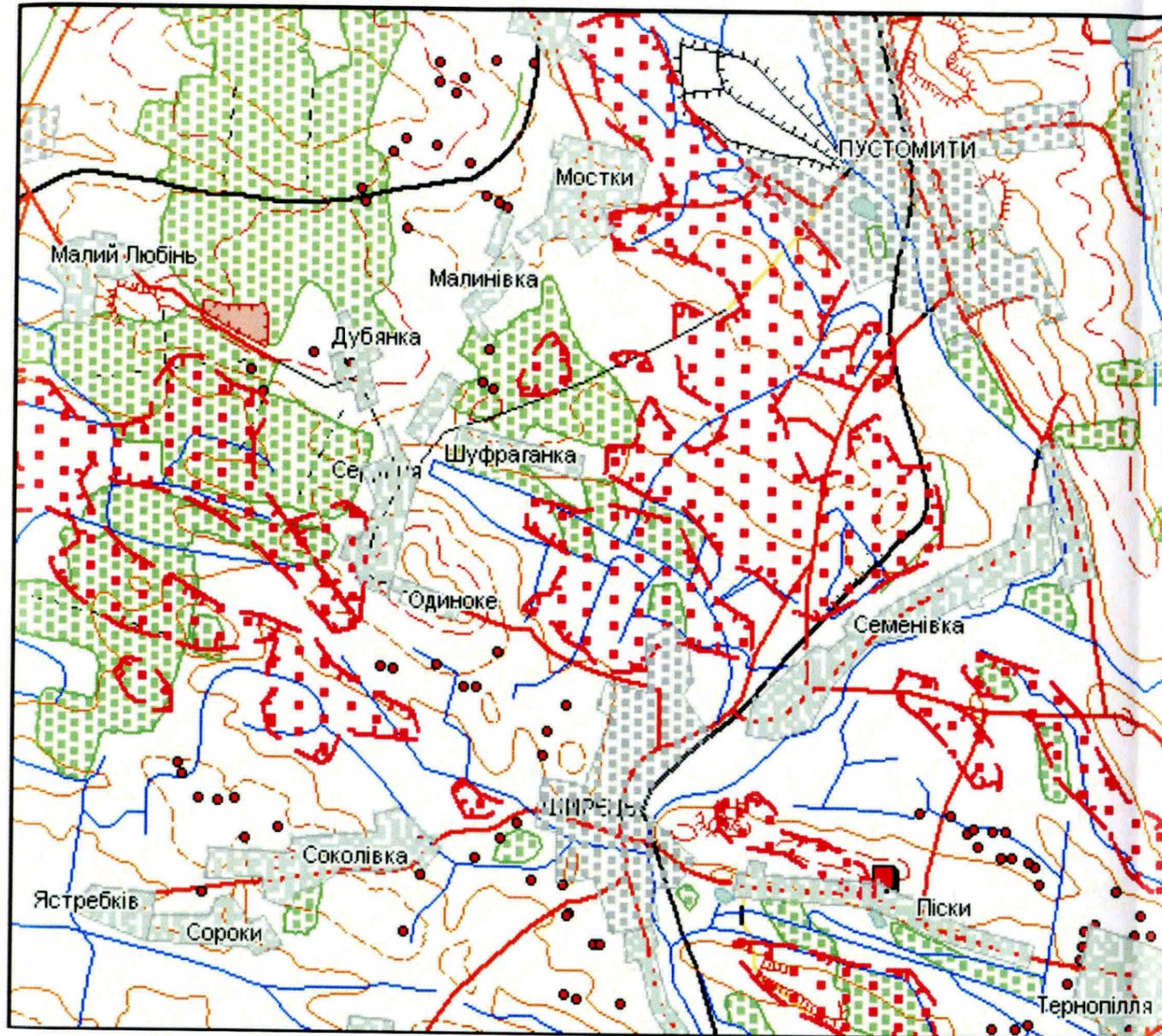
в) **Гірничопромисловий комплекс** у післяліквідаційний період (масштаб 1 : 5 0 0 0)

Логічна система – концепція стабілізації карстового процесу після затоплення к а р е р у

Картографічна система – комплекс карт, що відображають закономірності карстового процесу.

Математична основа – база даних і система рівнянь, що характеризують закономірності розвитку карстового процесу.

Управлінські рішення передбачаються у відновленні початкових гідрогеологічних умов.

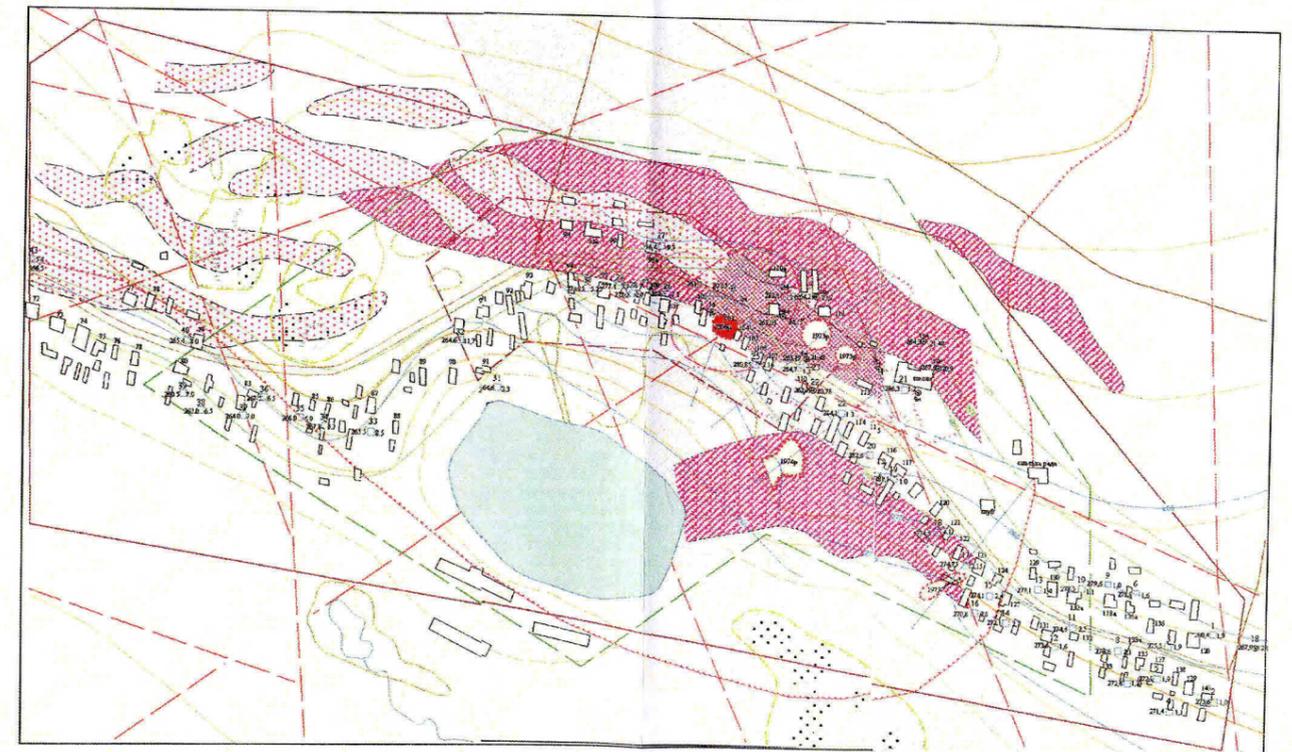


Умовні позначення

- місце катастрофічного провалу
- поодинокі карстові воронки
- площі інтенсивного розвитку сульфатного карсту
- Мостки
- контури населених пунктів та їх назва
- контури лісів
- автошляхи
- залізниця
- основні та додаткові горизонталі
- річки

КАРТА ДИНАМІКИ ПРОВАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ У С. ПІСКИ

(за матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)
Масштаб 1:2000

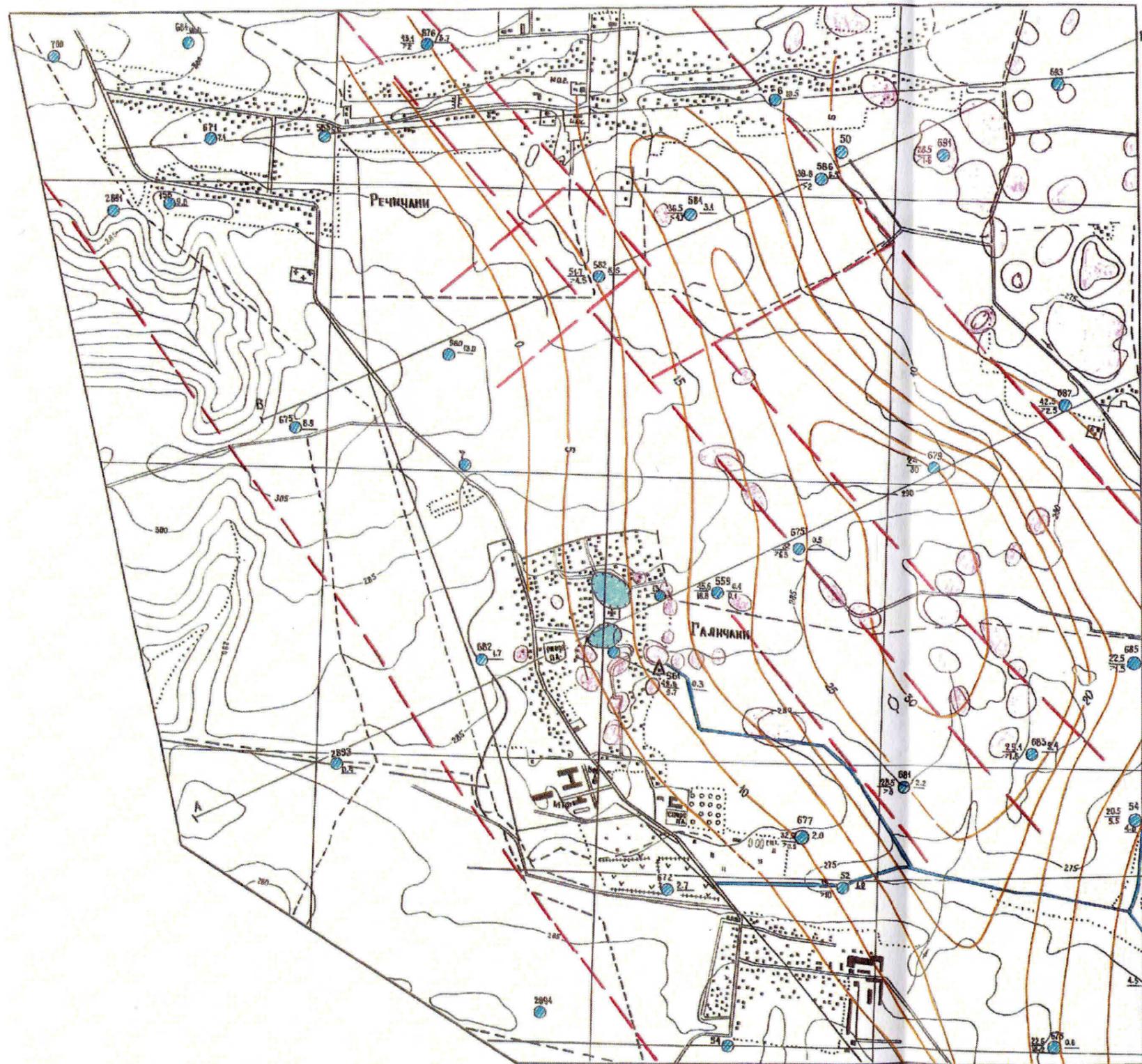


Умовні позначення

- | | |
|--|---|
| <p>I. Дані геофізичних досліджень</p> <ul style="list-style-type: none"> Аномалії високого опору, які інтерпретуються як райони поширення гіпсів, що карстуються Аномалії підвищеного опору, які інтерпретуються як райони поширення тріщинуватих гіпсів Зони підвищеного опору, які інтерпретуються як райони поширення тріщинуватих гіпсів <p>II. Дешифрування</p> <ul style="list-style-type: none"> Тектонічні лінійменти Зона поширення карстових процесів Контур крупного тектонічного розлому <p>III. Небезпечні карстові прояви</p> <ul style="list-style-type: none"> Карстові воронки, ускладнені понорами Виходи корінних порід Задержані карстові уступи Безпечні пониження карстового генезису Башоцеподібні карстові воронки Площі максимального закарстування станом на 01.01.1981р. (Г.Х. Папсуев) Зони активізації карстового процесу Цифри - дата прояву його активізації Активізація карстового процесу. Катастрофічний карстовий провал - 22.02.2006р. | <p>IV. Водопункти і в водоносні горизонти</p> <ul style="list-style-type: none"> 280,4 1,9 Колодезь. Цифри: зверху-номер колодезя, зліва-абсолютна відмітка рівня води, м, справа-статичний рівень води, м 9н 2642 21,48 Свердловина. Цифри: зверху-номер свердловини, зліва-абсолютна відмітка рівня води, м, справа-статичний рівень води, м Гідровміс четвертинного водоносного горизонту. Цифра-абсолютна відмітка рівня води, м П'єзометричний нижньо-середньобаденського водоносного горизонту. Цифра-абсолютна відмітка рівня води, м Напрямок руху підземних вод відповідного горизонту <p>V. Інші позначення</p> <ul style="list-style-type: none"> Небезпечна зона активізованого карстового провалу (2006р.) Контур ділянки детального візуального обстеження Контур ділянки спеціального інженерно-геологічного обстеження населеного пункту Контур ділянки постійних режимних спостережень Ділянка активного розвитку карсту 140 Схематичний контур будинку та його номер |
|--|---|

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ПРИРОДНО-ІСТОРИЧНОГО СУЛЬФАТНОГО КАРСТУ (на прикладі території сіл Речичани та Галичани Городецького району Львівської області)

Масштаб 1:25000



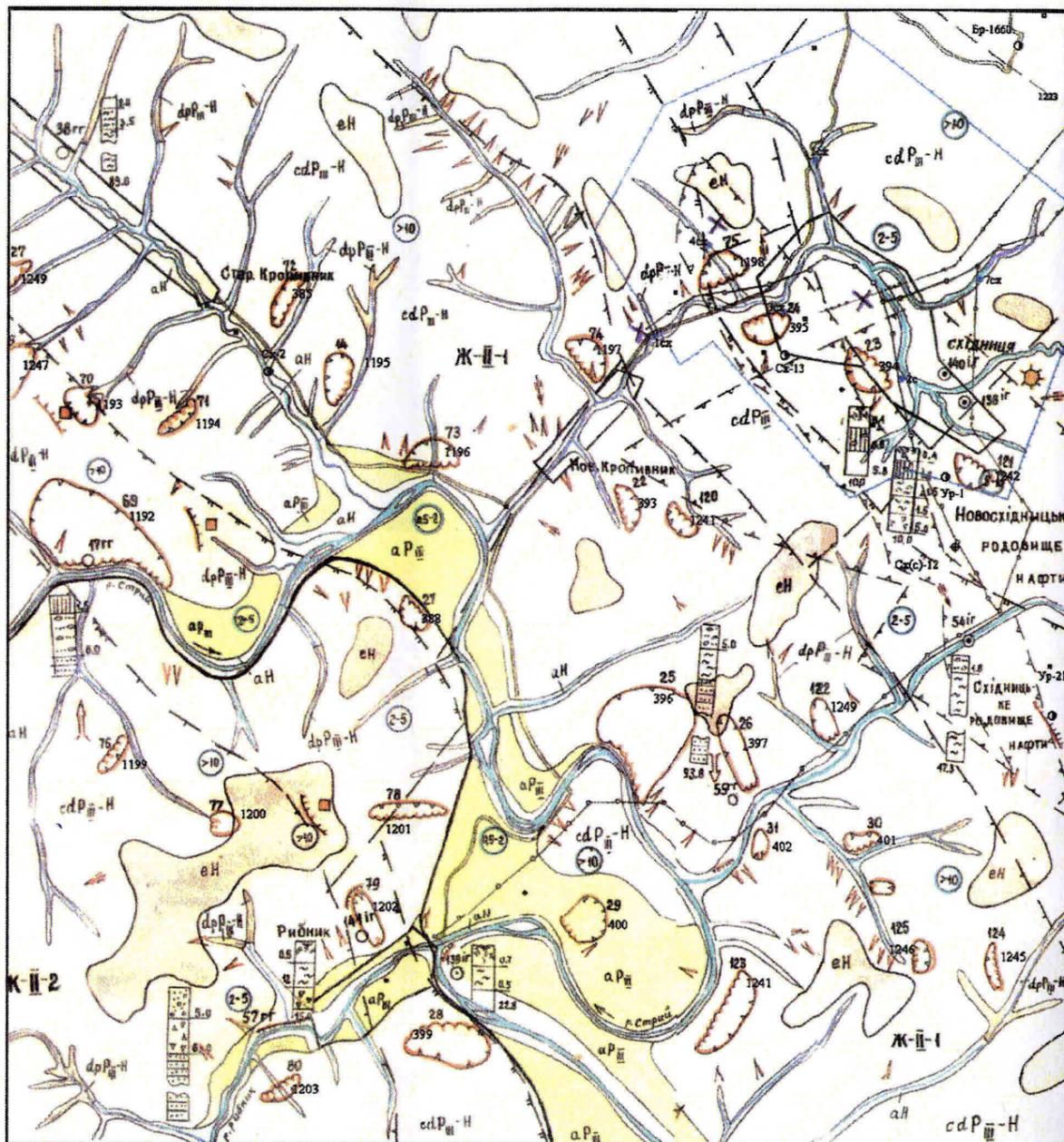
Умовні позначення

-  Тектонічні тріщини за даними дешифрування АФЗ
-  Ізопахіти гіпсовангідритів а/достовірні б/ уявні
-  Блюдцеподібні заглиблення в рельєфі
-  Ділянка деформації житлового будинку
-  Свердловини, що пройшли сульфатно-карбонатну товщу тираської світи: зверху - номер свердловини. Зліва в чисельнику - глибина покривні гіпсовангідритів, в знаменнику істинна (5) або пройдена потужність гіпсовангідритів в м. Справа в чисельнику - потужність вторинних несірконосних вапняків в м, в знаменнику - потужність сірконосних вапняків в м, або загальна потужність вторинних вапняків в м
-  Лінії геологічних розрізів

ЕКЗОГЕННІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЗОНІ ВПЛИВУ СТРИЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

(Відповідно до масштабу 1:25000)

Умовні позначення



(За матеріалами Львівської ГРЕ з доповненнями)

I. Стратиграфо-генетичні комплекси та рельєф

Генетичні типи та вік відкладів	Генетичні типи та форми рельєфу
аН Сучасні алювіальні відклади русел та комплексу заплавної тераси рік Галечники, гравій, піски, суглилки, місцями торф та мул	Поверхня заплавної тераси в долинах великих річок
аР Алювіальні відклади низького рівня надзаплавної тераси (I, II, III) річок Суглилки, суглики, глини річкові, галечники, гравій, піски	Поверхня надзаплавної аккумулятивної тераси річок низького рівня (I, II, III)
аР-Н Перозчленовані делювіально-пролювіальні відклади тимчасових річок (в межах гір). Суглилки, суглики, глини річкові, галечники, гравій, піски, валуни	Долина малих річок та поверхня складних долин і там де виділення терасових рівнів затруднено
cdP-Н Перозчленовані колювіально-делювіальні відклади крутих схилів гір. Суглилки, суглики з домішкою дресви, щебеню, брїл (в перемішаному стані)	Низькогірно-пагорбовий рельєф (структурно-ерозійно-денудаційні поверхні низькогір'я) Карпат
еН Елювіальні утворення пологих ділянок гірських хребтів. Суглики та суглики з домішками дресви, щебеню	Вершини та вузькі водороздільні ерозійно-денудаційні поверхні гір та передгірних височин

II. Геоморфологічне районування

Геоструктурні регіони	Геоморфологічні області	Геоморфологічні райони
Карпатська гірська складчаста система	Ж-2 Гірська система Карпат	Ж-П-1 Район низькогірного рельєфу крайових хребтів Верхньо-Дністровських Бескид Ж-П-2 Район середньовисотних моноклінальних хребтів Сколівських Бескид

III. Літологічний склад порід

- Грунтово-рослинний шар
- Галечники
- Піски
- Суглилки
- Глини
- Щебнистий ґрунт
- Пісковики

IV. Гідрогеологічні умови

- 0,5-2,0м } Градація глибини залягання ґрунтових вод
 - 2,0-5,0м } 2-5 Глибина залягання ґрунтових вод
 - 5,0-10,0м } Штучні водоймища
 - >10м } Штучні водоймища
- ### V. Сучасні геологічні та інженерно-геологічні процеси і явища
- 72 Зсуви та зсувні ділянки та їх орієнтація: а) стара нумерація; б) номери згідно кадастру зсувів
 - 394 Зсуви-обвали
 - Яркова ерозія
 - Площадний змив
 - Бокова ерозія
 - Бокова ерозія за результатами дешифрування аерофотознімків
 - Світові лавани
 - Штучне забруднення підземних вод
 - Джерело забруднення

VI. Тектонічні порушення

- Розривні порушення
 - Границі сиб
 - Границі чешуй
- ### VII. Інші та спеціальні позначення
- Ж-2 Границі та індекси геоморфологічних зон
 - Границі четвертинних відкладів
 - Границя I зони санітарної охорони Східницького родовища мінеральних вод
 - Контур нафтових родовищ
 - Нафтові експлуатаційні свердловини
 - Інженерно-геологічні свердловини
 - Гідрогеологічні свердловини
 - Інженерно-геологічні розрізи свердловин
 - Нафтопровід
 - ЛЕС
 - Місце відбору проб води та її номер



Фрагмент техногенного зсуву, розвиненого в межах створу греблі Стрийського протиповіневого водосховища. Основним фактором активізації є підрізка нижньої частини схилу. Ліквідація зі схилу зсувних накопичень очікуваного ефекту не принесла.



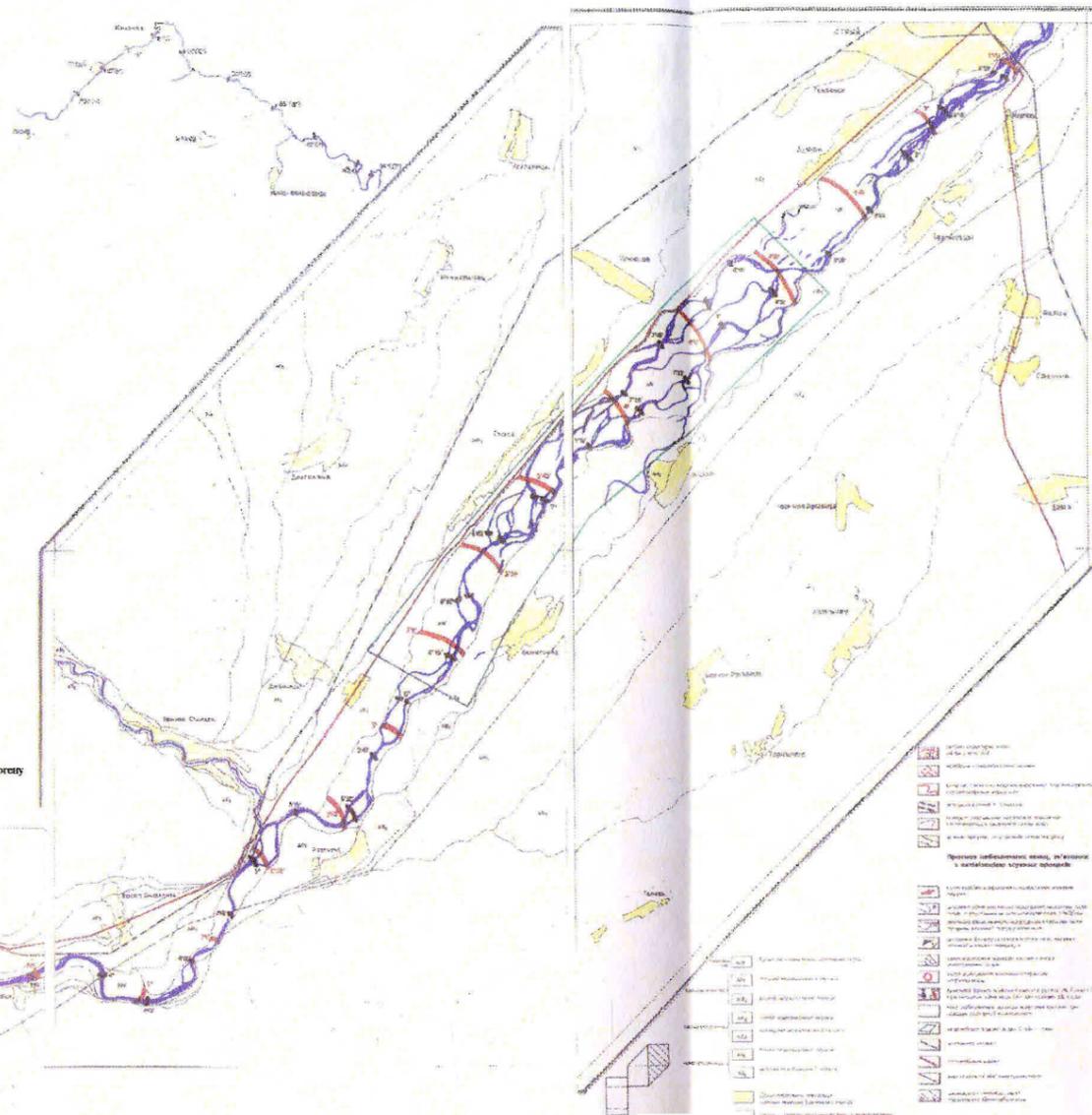
Фрагмент нижньої частини техногенно активізованого зсуву в межах створу греблі Стрийського протиповіневого водосховища. На рисунку зображена язикова частина зсуву, що змістилася у р. Стрий.



Карпатська гірсько-листяна область. Басейн р. Кам'янка. Розвиток зсуву після дощів в денудальних відкладах. 2005 рік.

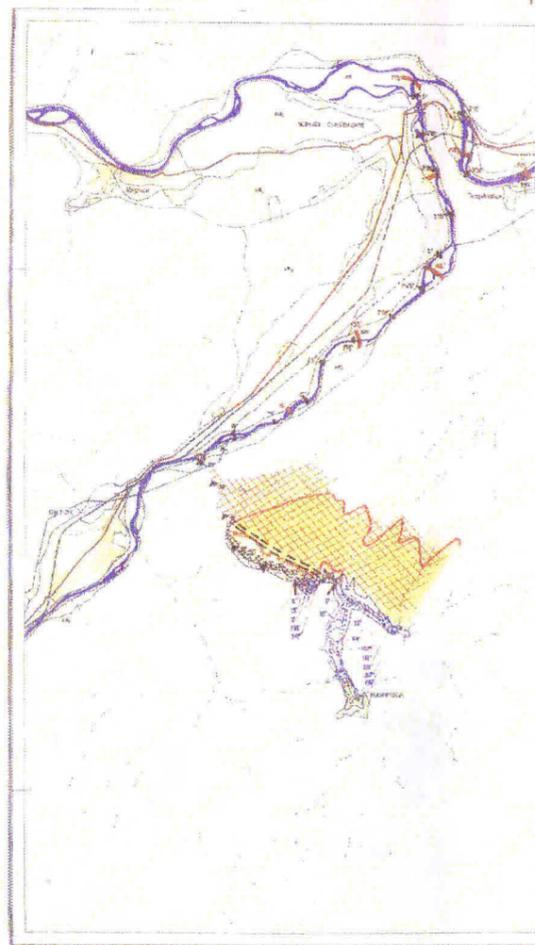


Сколевський район. Підроза соку в денудальних відкладах Виноградно-Пасічницької світи палеогену

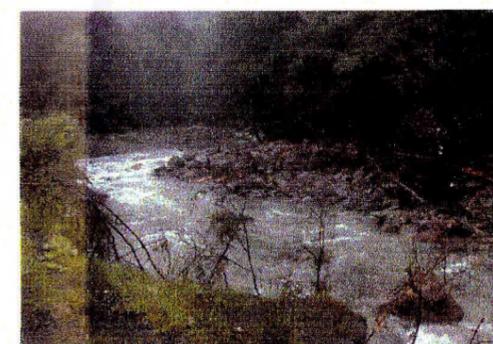


Приклад розрахунку техногенно - екологічної безпеки геологічного середовища в межах ділянки розвитку катастрофічного зсуву в районі с. Кам'яниця (Сколевський район Львівської області) та модель швидкості руху нафтової плями при аварії нафтопроводу

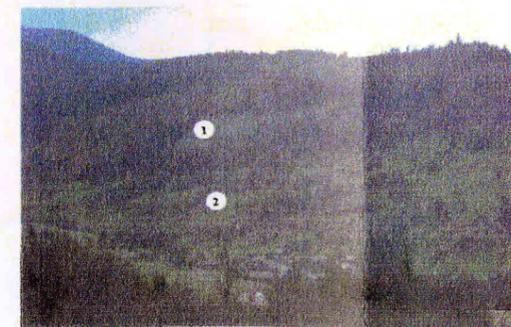
Масштаб 1:35000



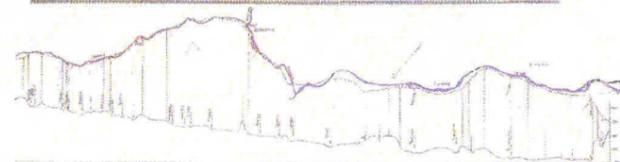
Верхня частина структурно-пластичного зсуву у с. Кам'янка.



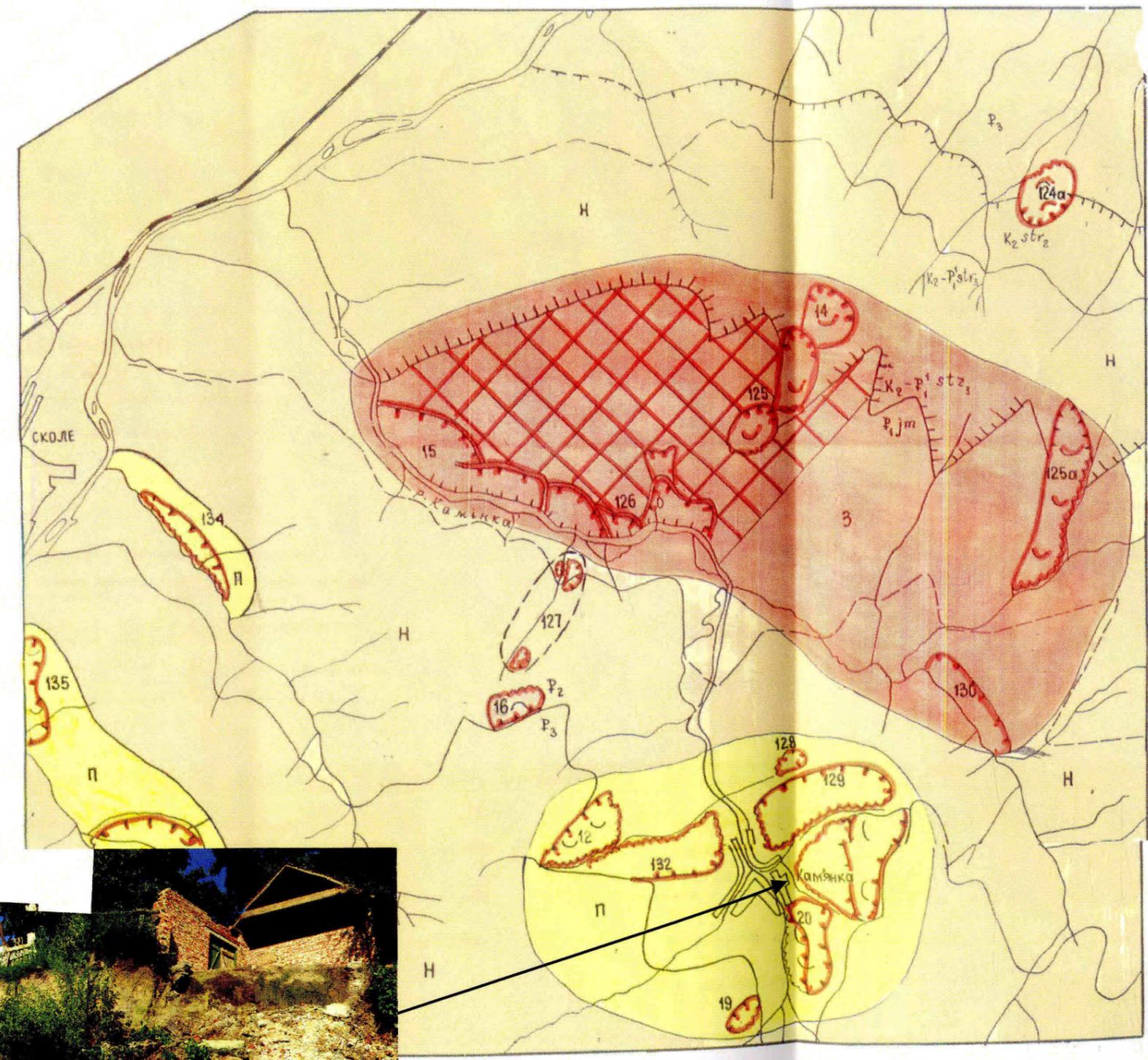
Басейн р. Остр. Формування селяних відкладів при гвибоду у 2005 р.



Панорама структурно-пластичного зсуву Кам'янка. Об'єм зсуву біля 10 млн м³. 1. Стіна відрину. 2. Зсувний масив.

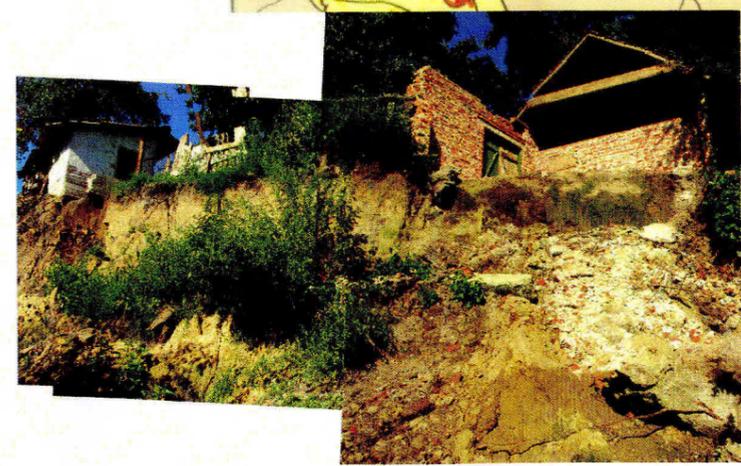


Карта прогнозного розвитку зсувів ділянки "Кам'янка" Сколівського району Львівської області (Відповідно до масштабу 1:25000)



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- P₃ Олігоцен. Аргіліти темнокольорові, пісковики, алевроліти, линзи сидериту
- P₂ Єоцен. Аргіліти строкаті, пісковики, алевроліти.
- P₁ Палеоцен. Ямненська світа. Грубошаруваті пісковики
- K₂-P₁stz₃ Верхня крейда. Палеоцен. Верхнестрийська підсвіта. Тонкоритмічний фліш. Аргіліти, алевроліти, пісковики
- K₂ str₂ Верхня крейда. Середнестрийська підсвіта. Фліш з різкою перевагою пісковиків
- а — б — Геологічні границі: а) що чітко дешифруються, б) що нечітко дешифруються
- Насуви
- α β Великі глибокі консеквентні зсуви (α) б) неглибокі зсуви
- Зсувонебезпечні схили
- Геологічні границі і горизонти сприятливі для утворення консеквентних зсувів
- |||| Ділянки підрізки зсувів при прокладанні доріг
- Стінки відриву зсувів
- Язик зсувів
- ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНІ ДІЛЯНКИ ЗА СТУПЕНЕМ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ**
- Н Ризик незначний
- П Ризик помірний
- З Ризик значний



с. Кам'янка. Активізація зсуву у 2006 р.

СХЕМА ОЦІНКИ ІНЖЕНЕРНОГО РИЗИКУ ТА ПРОГНОЗУ СУЧАСНИХ РЕЛЬЄФОУТВОРЮЮЧИХ ПРОЦЕСІВ В ЗОНІ ВПЛИВУ СТРИЙСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Масштаб 1:25000



Умовні позначення:

- Q Алювіальні і алювіально-пролювіальні відклади
- P₃ Олігоцен. Аргіліти, пісковики, алевроліти, лінзи сидериту
- P_e Єоцен. Аргіліти строкаті, пісковики, алевроліти
- P₁+P₂ Палеоцен і еоцен об'єднані. Аргіліти строкаті, пісковики, алевроліти
- P₁m Палеоцен. Ямненська світа. Товстошаруваті пісковики
- K₂-P₁stL₂ Верхня крейда-нижній палеоцен. Верхнестрийська підсвіта. Середнь- і тонкоритмічний фліш: аргіліти, пісковики, алевроліти, мергелі
- K₂stL₂ Верхня крейда. Середнестрийська підсвіта. Груборитмічний фліш; пісковики, аргіліти, алевроліти
- K₂stL₁ Верхня крейда. Нижнестрийська підсвіта. Тонкоритмічний фліш: аргіліти, пісковики, алевроліти, вапняки
- K₂g⁶ Верхня крейда. Головининська світа. Вапняки, аргіліти строкаті, алевроліти
- K₂ Верхня крейда нерозділена
- K₂sp Нижня крейда. Спаська світа. Кремністі аргіліти, алевроліти, пісковики
- δ₁ / δ₂ Насуви (а) і крутопадаючі тектонічні порушення (б)
- ↗ Переважне залягання порід і контактів
- ⊖ Консеквентні глибокі зсуви
- ⊕ Зсуви-потоки
- Мілкі і незначні зсуви
- (а) (б) Стінки відриву (а), зсувні цирки (б)
- 25 Орієнтовний об'єм зсуву в млн м³

- Дільниці прогнозу активізації зсувних процесів під час проведення підготовчих робіт і заповнення водосховища
- Дільниці інтенсивної акумуляції в межах водосховища
- ▶▶▶▶▶ Селонебезпечні водотоки
- ▶▶▶▶▶ Зсуви-потоки, активізація яких може бути причиною катастрофічних селів
- ////// Дільниці інтенсивної руслової ерозії після завершення будівництва
- ~~~~~ Границі водосховища при НПУ (490 м)
- ~~~~~ Границі природного підпрудного озера, яке існувало в кінці голоцену
- ▨ Травля
- ////// Зона зсуву 1989 року

ПРОГНОЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЕКЗОГЕННИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

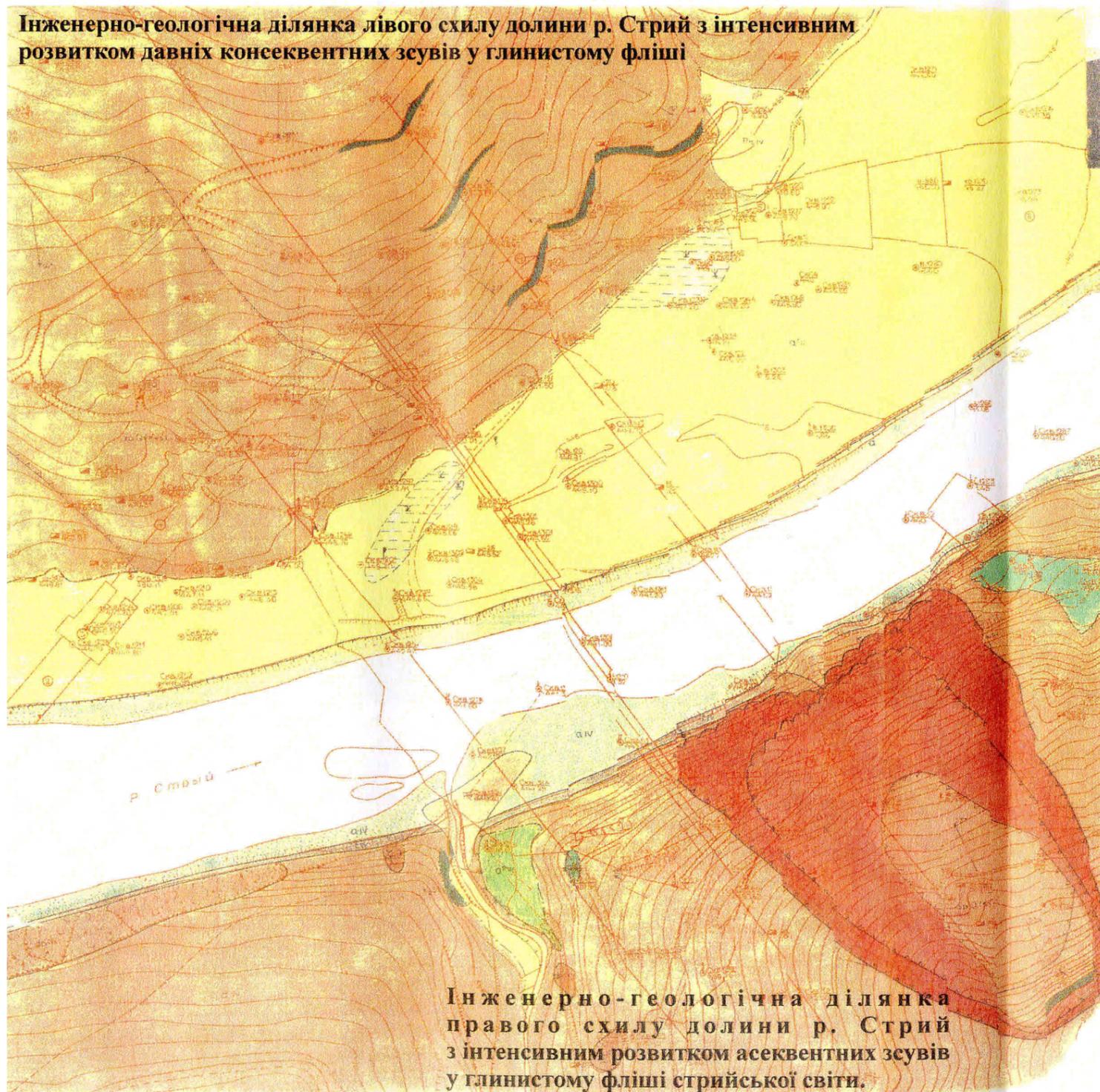
- а) (50) Прогнозні тріщини відриву, зсувнебезпечні масиви (а), об'єм прогнозних зсувів в млн м³ (б)
- б) Зсуви, активізація яких можлива при заповненні водосховища



С Х Е М А

ДЕТАЛЬНОГО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ ДІЛЯНКИ ДОЛИНИ Р. СТРИЙ У СТВОРІ ПРОТИПОВЕНЕВОГО ВОДОСХОВИЩА (стадія техніко-економічного обґрунтування з метою розрахунку інженерного ризику) Відповідно до масштабу 1:10 000

Інженерно-геологічна ділянка лівого схилу долини р. Стрий з інтенсивним розвитком давніх консеквентних зсувів у глинистому фліші



Фрагмент нижньої частини техногенно активізованого зсуву в межах створу греблі Стрийського протиповеневого водосховища. На рисунку зображена язикова частина зсуву, що змістилася у р. Стрий.



Фрагмент техногенного зсуву, розвиненого в межах створу греблі Стрийського протиповеневого водосховища. Основним фактором активізації є підрізка нижньої частини схилу. Ліквідація зі схилу зсувних накопичень очікуваного ефекту не принесла.



Ділянка долини р. Стрий в створі греблі протиповеневого водосховища, що будується.



Ділянка долини р. Стрий нижче греблі протиповеневого водосховища

Експлікація

1. Гребля із ґрунтових матеріалів
2. Підвідний канал
3. Будівля водоприймальної башти
4. Нитки тунелю
5. Будівля управління затворами
6. Відвідний канал
7. Поверхневий водоскид.

Умовні позначення:

Сучасні відклади

- Техногенні (насинні) – галька, шебінь, брили, валуни. Потужність до 3,5 м
- Аллювіальні відкладення заплав – гравій, галька та валуни з пісковим заповнювачем. Потужність 1–2 м.
- Пролувіально-аллювіальні відкладення конусів виносу – гравій, галька, валуни ... із супісковим і суглинним заповнювачем. Потужність до 3 м.
- Делювіальні відклади супіщаних схилів і суглинки з додаванням жорсткості та шебенно-пісковиків від 10–60%. Потужність 1–2 м.
- Ерозійна тераса – суглинки з включенням уламків пісковиків. Потужність до 1 м.
- Зсувні утворення – опливини, спливи-суглинки, пісковини із включенням великоуламкового матеріалу.
- Верхньочетвертинні відкладення**
- Аллювіальні відкладення I – надзаплавної тераси – гравій, галька та валуни із супісково-суглинним заповнювачем. Потужність до 5 м.
- Аллювіальні відкладення II – надзаплавної тераси – суглинки легкі, піщаністі, потужність 2,0 м; гравій і галька із супісковим заповнювачем, потужністю 1,5 м.
- Аллювіальні відкладення III – надзаплавної тераси – пісковини із щільним включенням гальки, потужністю 2,4 м; гравій, галька із супісковим заповнювачем, потужністю 1,5 м.

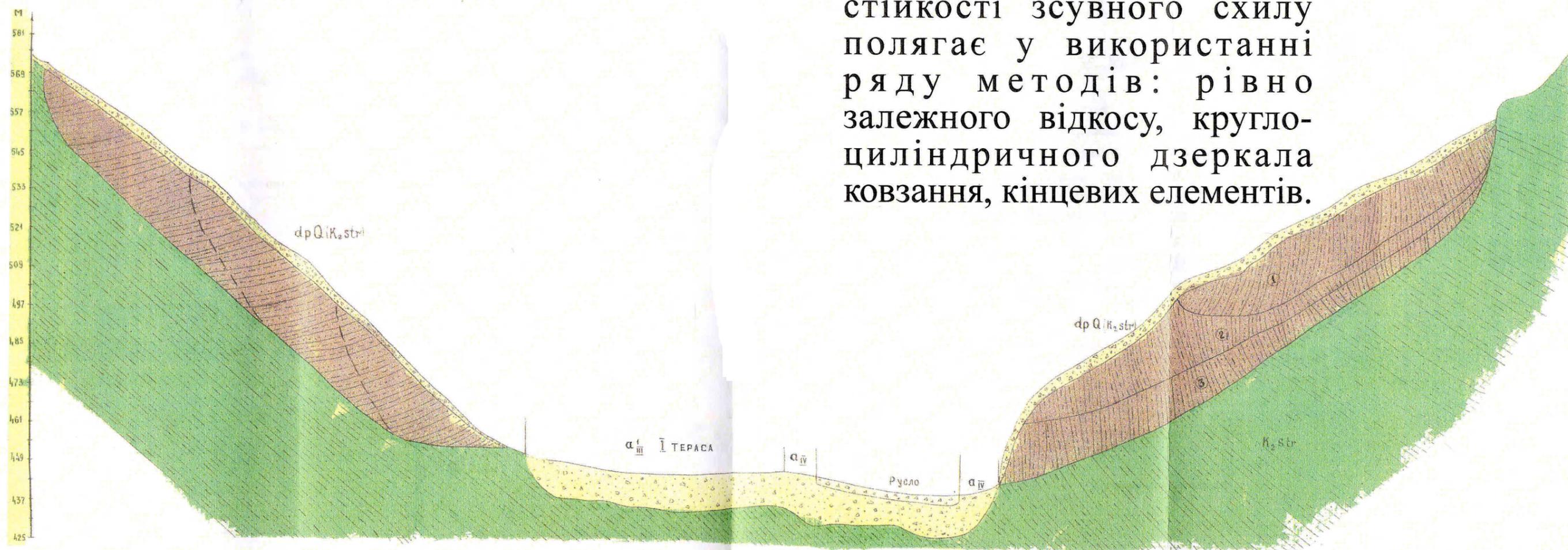
Нерозчленовані четвертинні відклади

- Зсувні відкладення – блоки флішових порід середньострийськ верхньокрейдяної світи, прикриті делювіальними суглинками шебеном. Потужність товщі зсуву до 18 м.
- Верхньокрейдяні відклади**
- Виходи корінних порід – флішові відкладення середньострийськ верхньокрейдяної світи.
- Інші**
- Уступи надзаплавних терас:
 - а) першої
 - б) другої
 - в) третьої
- Тильний шов надзаплавних терас
- Межа ерозійної тераси
- Крутизна схилу в градусах
- Межа зсувного тіла будови блоку, що виокремлена за геолого-геофізичними даними. Орієнтовний об'єм зсуву в тис. м³
- Джерела
- Яр з тимчасовим водотоком
- Опливини
- Заболоченість і мочари
- Елементи залягання порід

Інженерно-геологічний розріз долини р. Стрий в межах створу греблі протиповеневого Стрийського водосховища

Масштаб: горизонтальний 1:10000
вертикальний 1:600

Розрахунковий алгоритм стійкості зсувного схилу полягає у використанні ряду методів: рівно залежного відкосу, круглоциліндричного дзеркала ковзання, кінцевих елементів.

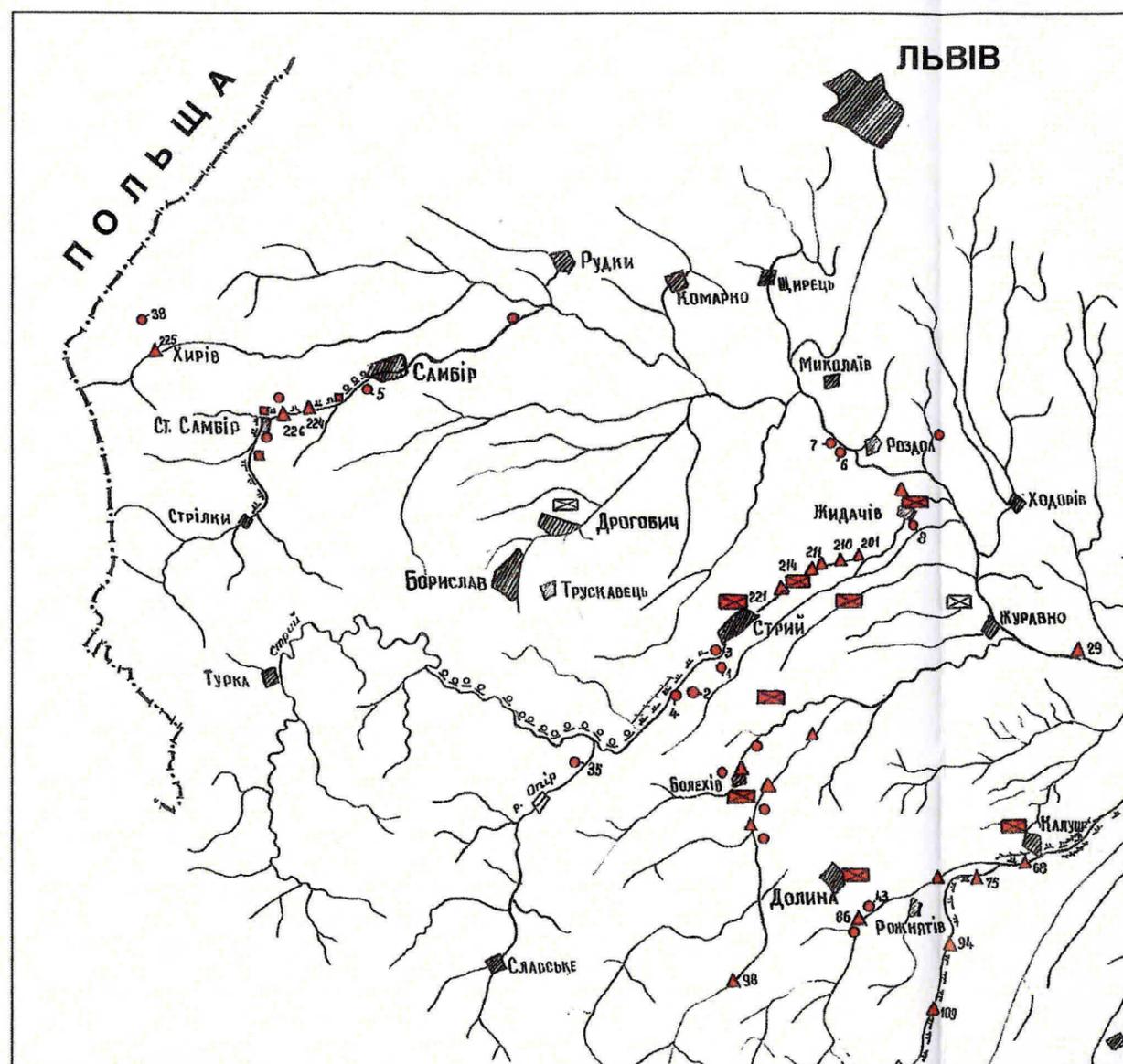


Умовні позначення:

- | | | | |
|---|---|---------------------------------------|--|
| ① Розрахований древній зсув | Гравійно-галькові відклади русла р. Стрий | Делювіальні відклади | Фліш стрийської світи верхньої крейди |
| ② Границя другої фази катастрофічної активізації зсуву | Алювій високої заплави | Зсувні відклади | Дзеркало ковзання зсуву, підтвержене розрахунками та буровими роботами |
| ③ Границя третьої фази катастрофічної активізації зсуву | Алювій першої тераси | Фліш стрийської світи верхньої крейди | Границі між блоками древнього зсуву |

СХЕМА

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОГЕННИХ І ФЛЮВІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У РУСЛАХ РІЧОК ПЕРЕДКАРПАТТЯ
(У МЕЖАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)



Умовні позначення



Населені пункти, які відбирають воду з алювію річкових долин, які скидають в ріки відходи з комунальних мереж і промислових підприємств.



Водозавори, номери в ГВК.

Дамби

Родовища піщано-гравійних сумішей:



а — розвідані



б — експлуатуючі



в — відпрацьовані



133 — номери в кадастрі родовищ будівельних матеріалів



Місця відбору алювію / ПГС / з низької заплави і русла / нелегальні /.

Сучасні руслові процеси, які формують нові геоморфологічні елементи

Донна ерозія



Врізання водотока в корінні породи ложа долини і формування голоценової цокольної тераси



Врізання водотока в долинний алювій і формування голоценової акумулятивної тераси

Бокова ерозія



Формування перстративного алювію голоценової заплави.



Маршрути рекогносцировочного обстеження.



Фрагмент ділянки долини р. Стрий, вище м. Стрий, після безконтрольної експлуатації піщано-гравійних відкладів (знімок з гелікоптеру).



Типовий техногенно змінений ландшафт в межах передгірської ділянки долини ріки в результаті розробки піщано-гравійних відкладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія. Підручник для студентів вищих навчальних закладів, екологічних, геологічних, географічних спеціальностей. – К.: Манускрипт, 1998. – 340 с.
2. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна проблема та інформаційно-керуючі комп'ютерні системи екологічного моніторингу Прикарпаття. Тези доп. Третьої всеукр. конф. з геоінформаційних технологій. Київ, 3–6 листопада 1997 р. – К., 1997. – С. 54–53.
3. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Наукові та методичні основи розрахунку ризику впливу на навколишнє природне середовище при проектуванні, функціонуванні і ліквідації гірничих та нафтогазових промислових комплексів // Матеріали наук.-техн. конф. Київ, 28–30 жовтня 1997 р. – К., 1997. – Ч. 2. – С. 23–27.
4. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Наукові та методичні основи спеціальностей "Прикладна екологія" та "Екологічна геологія" // Вісн. Укр. Будинку екон. та наук.-техн. знань. – К., 1998. – С. 72–74.
5. Али-Заде С.А., Алиев Ф.Ш., Красильщиков Л.А., Листенгартен В.А. Геология и гидрогеология предгорных равнин. – М., 1990. – 284 с.
6. Аникеев В.А., Копп И.З., Скалкин Ф.В. Технологические аспекты охраны окружающей среды. – Л., 1982. – 255 с.
7. Бабинец А.Е., Белявский Г.А. Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена Украины (на основе анализа подземного стока). – К.: Наукова думка, 1973. – С. 3–19.
8. Балабанов Г.В., Давидчук Г.С. Комплексный географический подход к проблеме рационального природопользования. – К., 1987. – С. 5–7.
9. Бондарик Г.К. Новый этап инженерной геологии // Инж. Геология. – 1989. – № 4. – С. 115–120.
10. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. – М.: Недра, 1981. – 256 с.
11. Бондарчук В.Г. Геологія України. – К.: Вид-во АН УРСР, 1959. – 740 с.

12. Бондарчук В.Г., Чебаненко И.И., Довгаль Ю.М. и др. Закономерности развития региональной тектоники Украины. – К.: ІГНУ, 1983. –145 с..
13. Ваганов П.А. Человек – Риск – Безопасность. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2002. – 160 с.
14. Ваганов П.А., Манн-Сунг Им. Экологический риск: Учеб. пособие. – СПб.:Изд во С.-Петербур. Ун-та, 1999. –116 с.
15. Венглинский Г.И. и др. Проблемы охраны окружающей среды в Бориславском нефтепромышленном районе. Материалы докладов. Вопросы охраны геологической среды при интенсивном строительном народнохозяйственном освоении территории Украины. – Киев: ИГН АН УССР, 1987. – С. 34–35.
16. Венглі́нський Г.І. та ін. Екологічні проблеми нафтогазових родовищ, газосховищ і ділянок, забруднених нафтопродуктами, УкрДГРІ. – Київ. – 41 с.
17. Вернадский В.И. Биосфера // Избр. соч. – М., 1960. – Т.5. – с. 24–31.
18. Волошин И.И., Кононенко Н.И. О влиянии высотной зональности и карста на внутригодовое распределение стока рек Карпат // Тр.УкрНИГМИ., 1983. – Вып. 19. – С. 78–114.
19. Габинет М.П., Кульчицкий Я.О., Матковский О.И. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат. – К.: Издательское объединение “Вища школа”, 1976. – 200 с.
20. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Невратов Ю.А. Гидрогеология и инженерная геология. – М., 1989. – 252 с.
21. Геодинамика и сейсмопрогностические исследования на Украине: Сб. науч. тр. АН / Отв. Ред. М.А. Лазаренко. – К.: ІГНУ, 1992. – 243 с.
22. Геологическая карта Украинских Карпат и прилегающих прогибов. 1:200000. – Львов, 1977. – 7 л.
23. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат, ч.2/ Под общ. ред. Кульчицкого Я.О. и Матковского О.И. – Львов: Издательское объединение “Вища школа”, 1977. – 220 с.
24. Герасимова А.С., Королев В.А. Проблемы устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 47 с.

25. Гидрогеология и карстование. – Сб. ст. под ред. Максимовича Г.Н., Пермь, 1987. – 231 с.
26. Гошовський В.С. Людина і середовище: баланс інтересів та можливостей. – Урядовий кур'єр. – № 185. – 2002. – С. 7–8.
27. Гошовський В.С. Українське законодавство у сфері екології потребує якісних змін. – Енерго інформ. – № 3, 2003. – С. 11–12.
28. Гошовський В.С. Чорнобиль погрожує новою трагедією. – Голос України. – № 80. – 2003. С. 3, 8.
29. Гошовський В.С. Розробка регіонального соціального бюджету. Методичні рекомендації (за редакцією Ю.І.Єханурова). – Дніпропетровськ. – 2005. – Підрозділ 2.1, с. 17–20, підрозділ 5.2. – С. 78–87.
30. Гошовський В.С. Регіональний аналіз стану геологічного середовища та суміжних компонентів довкілля адміністративних областей (на прикладі Львівської області) // Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – 2007. – № 1. – С. 99–115.
31. Гошовський В.С. Екзогенні геологічні процеси на території Львівської області // Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – 2007. – № 2. – С. 347–354.
32. Гошовський В.С. Стан геологічного середовища і динаміка техноприродних геосистем (на прикладі Львівської області) // Мінеральні ресурси України. – 2007. – № 2. – С. 38–46.
33. Гошовський В.С. Моніторинг геологічних процесів на території Львівської області // Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – 2007. – № 4. – С. 212–222.
34. Гошовський В.С. Локальна оцінка стану техноприродних геосистем за ризиком розвитку небезпечних геологічних процесів долини р. Стрий // Збірник наукових праць Українського державного геологорозвідувального інституту. – 2008. – № 1. – С. 143–147.
35. Гошовський В.С., Рудько Г.І. Небезпечні екзогенні геологічні процеси у Львівській області та техногенна безпека територій // Сборник научных трудов

XVI международной научно-технической конференции. – Харьков, УкрВОДГЕО. – 2008. – С. 147–159.

36. Демчишин М.Г. Прогноз и предупреждение оползневых явлений на территории Украины. Препринт / АН УССР Институт геологических наук. К., 1982. 18 с.

37. Дранников А.М. Оползни Украины и опыт борьбы с ними // Тр. первого Украинского гидрогеологического совещания. Киев, 1961. – Т.2. – С.17–28.

38. Дружинин М.К. Основы инженерной геологии. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1978. – 246 с.

39. Дружинин М.К. Основы инженерной геозкологии: Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., 1978. – 341 с.

40. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. – Новосибирск, 1992. – 144 с.

41. Елохин А.Н. Анализы и управление риском: теория и практика. М.: Изд-во Страховая группа "Лукоил", 2000. – 186 с.

42. Закон України "Про курорти". – Розд. VI. – 2000.

43. Загорій П.К. Рухи земної кори в четвертинному періоді на території УРСР // Вч. зап. Київськ. ун-ту. – 1950. – Т.9. – вип. 3. – С. 17–65.

44. Зінько Ю., Кравчук Я., Брусак В. Концепція трасевропейських природоохоронних поясів та розбудови екологічної мережі України // Україна та глобальні процеси: географічний вимір. – К. – Л., 2000. – Т. 3. – С. 24–27.

45. Золотарев А.Г. Переходный рельеф между орогенными и равнинно-платформенными областями // Геоморфология. – 1976. – № 2. – С.26–35.

46. Золотарев Г.С. Методика инженерно-геологических исследований: Учебник. – Ч. 2. – К., 1995. – 384 с.

47. Зубаков В. 21 Век. Сценарий будущего: анализ последствий глобального экологического кризиса. – Санкт-Петербург, 1995. – 87 с.

48. Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України за 1994–1995 роки. Випуск 14. Київ – 1997 р. – 120 с.
49. Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України за 1996–1997 роки. Випуск 17. Київ – 1999 р. – 139 с.
50. Измалков В. И., Измалков А. В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – СПб.: Изд-во НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.
51. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека/ Под редакцией Р.С. Знангирова. – М.: Наука, 1982. – 329 с.
52. Изучение режима оползневых процессов. – М.: Недра, 1982. – 255 с.
53. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния окружающей среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 470 с.
54. Іванишин В.С. та ін. Геохімічні дослідження поверхневих та ґрунтових вод з метою визначення можливого природного та техногенного забруднення рухомими формами токсичних елементів на ділянках глибокого буріння Борислав. – УБР, Львів: Фонди Укр ДГРІ. – 35 с.
55. Іванюта М.М. Атлас родовищ нафти і газу України. – Львів: “Центр Європи”, 1994.
56. Каган А.А. Инженерно-геологическое прогнозирование. – М.: Недра, 1984. – 196 с.
57. Коваленко А.В., Камзист Ж.С. Основы инженерной геоэкологии. Методика эколого-географических исследований. – М., 1991. – 113 с.
58. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Инженерная геология и охрана природной среды: Учебник для вузов. – Ростов Н. Д.: Изд-во Рост. Ун-та, 1993. – 352 с.
59. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: Учебн. / Под ред. В.Т. Трофимова. – М., 1995. – 272 с.
60. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. – 252 с.
61. Красилова Н.С. Карты устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям. – М., 1994. – 147 с.

62. Кубишкін Г.П. Закономірності річкового стоку в Карпатах // Матеріали по метеорології та гідрології України. – Вид-во АН УРСР, 1963. – С. 20–36.
63. Кузьмин И.И., Махуров Н.А., Мельников В.Ф. Принципы управления риском в социально-экономической системе // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве/ Минстрой России. – М.: ПНИИИС, 1995. – С. 25–36.
64. Кукал З. Скорость геологических процессов. – М.: Мир, 1987. – 246 с.
65. Ладыженский Н.Р. Геологическое строение и газоносность Советского Предкарпатья. – М., 1961. – 351 с.
66. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых : Учебник для вузов. – Л.: Недра, 1986. – 272 с.
67. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. – Л.: Недра, 1977. – 479 с.
68. Михайлов А.М. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом. – М., 1981. – 373 с.
69. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. – М., 1988. – 491 с.
70. Ниязов Р.А., Миниченко В.Д., Ташматов Х.М. Мониторинг экзогенных геологических процессов. – Ташкент: Фан., 1991. – 180 с.
71. Оллиер К. Тектоника и рельеф: Пер. с англ. В.В. Середина. – М.: Недра, 1984. – 460 с.
72. Оползни. Исследование и укрепление / Под ред. Р.Шустера и Р.Кризека / Пер. с англ. А.А. Варги и Р.Р. Гизделя. – М., 1981. – 368 с.
73. Орлов Д.С. Химия почв. – М., 1992. – 400 с.
74. Осипов В.И., Яншин А.Л., Молодых И.И. и др. Современные изменения в литосфере под влиянием природных и антропогенных факторов / Гл. ред. В.И. Осипов. – М.: Недра, 1996. – 222 с.: ил.
75. Павлов А.Н. Теоретические и методологические обоснования экологической геологии // Геология. – М., 1995. – С. 12–15.
76. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.

77. Перехрест С.М., Кочубей С.Г., Печковська О.М. Шкідливі стихійні явища в Українських Карпатах та засоби боротьби з ними. – Київ: Наукова думка, 1971. – 200 с.

78. Петров К.М. Общая экология; взаимодействие общества и природы; Учебное пособие для вузов. Спб; Химия, 1997. – 352 с.

79. Плотников Н.И., Рогинец И.И., Мироненко В.К., Григорян А.С., Ковалев Ю.В. Защита окружающей среды при горных разработках рудных месторождений. – М.: Наука, 1985. – 200 с.

80. Полищук Ю.М. Концептуальное моделирование в задачах мониторинга окружающей среды // Системы экоинформатики: проблемы, решения, перспективы. – Томск, 1989. – С. 4–17.

81. Полунин Г.В. Динамика и прогноз экзогенных процессов. – М.: Наука, 1989. – 232 с.

82. Потапов В.В., Радаев Н.Н. Экономика природного и техногенного рисков. – М.: изд-во ЗАО ФИД "Деловой экспресс", 2001. – 514 с.

83. Примак К.В. Водні ресурси Закарпаття і перспективи їх використання // Вісник АН УРСР. – 1957. – № 3. – С. 32–41.

84. Природа Українських Карпат / За ред. д-ра геогр. наук проф. К.І.Геренчука. – Львів, 1968. – 265 с.

85. Природні умови та природні ресурси Українських Карпат / Під ред. М.І.Перехреста. – Київ: Наукова думка, 1968. – 324 с.

86. Проблемы инженерной геологии: Сб. науч. теор. Науч. совет. по пробл. инж. геологии и гидрогеологии. – М.: Наука, 1991. – 143 с.

87. Проблемы рационального использования геологической среды. – М.: Наука, 1980. – С. 4–11.

88. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 1–14.

89. Рагозин А.Л. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных природных процессов // Промышленное и гражданское строительство. – 1992. – № 12. – С. 6–7.

90. Рагозин А.Л. Концепция допустимого риска и строительное основание территорий развития опасных природных и техноприродных процессов// Проект. – 1993. – № 5–6.
91. Рагозин А.Л. Опасность и риск – новые категории инженерной геологии // Новые идеи в инженерной геологии. Труды науч. конф. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – С. 34–35.
92. Рагозин А.Л. Основные положения методики оценки риска от землетрясений и других опасных процессов // Сейсмический риск и сейсмическое микрорайонирование. – Иркутск, 1994. – С. 22–23.
93. Рагозин А.Л. Оценка и картографирование опасности и риска от природных и техноприродных процессов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 1993. – С. 16–41.
94. Рагозин А.Л. Современное состояние и перспективы оценки и управления природными рисками в строительстве // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. – М.: ПНИИИС, 1995. – С. 7–25.
95. Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М., 1990. – 640 с.
96. Рудько Г.И. Инженерно-геологические аспекты управления геологической средой Западного региона Украины / Инж. геология. – 1990. – № 6. – С. 77–89.
97. Рудько Г.І. Моніторинг геологічного середовища Карпатського регіону (наукові та методичні аспекти). // Геоекологія України. К.: Манускрипт, 1993. – С. 38–49.
98. Рудько Г.І., Шкіца Л.Є. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових та нафтогазових комплексів (наукові та методологічні основи). Монографія. – К.: Нічлава, 2001. – 528 с.
99. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Екологічний моніторинг геологічного середовища. Підручник для студентів геологічних, географічних, екологічних спеціальностей вищих закладів освіти. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім.І.Франка, 2001. – 260 с.

100. Рудько Г.І. Аналіз та динаміка техногенних змін геологічного середовища Львівської області і проблема його оптимізації. Экологические аспекты загрязнения окружающей среды (тезисы докладов международной научно-практ. конф., Киев, 26–28 марта 1996 г.) – Ч.1. – 1996. – С. 23–27.

101. Рудько Г.І. Вероятностные и вероятностно-детерминированное прогнозирование геодинамических процессов и расчет инженерного риска при функционировании природно-технических систем (на примере Украины) (тези доповідей третьої Всеукраїнської конференції з геоінформаційних технологій “Теорія, технологія, впровадження ГІС”, ГІС-Форум, Київ, 3–6 листопада 1997 р.) – С. 53-54.

102. Рудько Г.І. Визначення просторово-часових закономірностей прогнозу та розрахунок зсувонебезпечності території (на прикладі південно-східного Передкарпаття) // Матеріали наук.-техн. конф., м. Київ, 28–30 жовтня 1997 р. – Київ. – 1997. – Ч. 1. – С. 27–32.

103. Рудько Г.І. Геодинаміка та прогноз небезпечних геологічних процесів в Українських Карпатах // Тези доп. Міжнар. симпоз. “Геодинаміка гірських систем Європи”. Львів-Яремче 10–17 квітня 1994 р. – Львів, 1994. – с. 20.

104. Рудько Г.І., Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты). – К.: “Задруга”, 2006. – 624 с.

105. Рудько Г.І. Геоєкологічний аналіз гірничопромислових природно-техногенних систем Західної України та проблеми їх оптимізації // Геоєкологічні дослідження екосистем України. – К., 1996. – с. 12–17.

106. Рудько Г.І. Геологічні дослідження екосистем України. Передмова. – К. – 1996. – С. 3.

107. Рудько Г.І. Екологічна безпека в умовах постійно зростаючого техногенезу західного регіону України (еколого-геологічний аспект) // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Гуманітарна освіта: фактор світової інтеграції. – Чернівці, 1998. – С. 279–283.

108. Рудько Г.І. Експертна оцінка кризових ситуацій та прихованих екологічних катастроф (на прикладі Червоноградського гірничопромислового району) // Основні напрями забезпечення безпеки населення та стійкості функціонування господарства України при загрозі виникнення природних та техногенних катастроф: Матеріали наук.-техн. конф., м. Київ, 10–12 грудня 1996 р. – Ч. 1. – К.: “Знання”, 1997. – С. 81–83.

109. Рудько Г.І. Інженерно-геологічні дослідження західних областей України (стан та перспективи) // Матеріали наук.-техн. конф., м. Київ, 28–30 жовтня 1997 р. – Ч. 1. – К., 1997. – С. 99–104.

110. Рудько Г.І. Керований контроль стану геологічного середовища родовищ корисних копалин у межах зони контакту платформи з прогином. Тез. допов. Конференції “Актуальні проблеми екогеології України”, Київ, 24–25 квітня 1997 р. – С. 19.

111. Рудько Г.І. Методика аналізу рельєфу Українських Карпат на основі геодинамічної моделі // Сучасний стан та перспективи розвитку геоморфології, неотектоніки, геології та палеогеографії антропогену України: Доп. наук. конф. до 90-річчя проф. Л.К. Заморія. – К., 1996. – С. 101–103.

112. Рудько Г.І. Механика и прогноз устойчивости техногенно-нарушенных оползневых массивов в глинах Предкарпатья. Материалы конференции “Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве”, 8–10 октября 1996 г., Киев. – Ч.І. – С. 55–56.

113. Рудько Г.І. Наукові та методичні основи інженерного ризику процесонебезпечних територій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми екологічної безпеки та керованого контролю динамічних природно-техногенних систем (науково-методичні основи, практика, досвід, екологічна освіта)”. м. Львів, 24–26 вересня 1996 р. – Ч. І. – Київ, 1996. – С. 95–97.

114. Рудько Г.І. Наукові та методичні основи моніторингу геологічного середовища (інженерно-геодинамічні аспекти). В зб. наукових праць “Шляхи вивчення взаємопов’язаних проблем природного середовища”. Львів, 1995. – С.129–132.

115. Рудько Г.І. Наукові і методичні основи розробки методологічної бази оцінки ризику виникнення природних та техногенних катастроф (на прикладі західного регіону України) // Основні напрями забезпечення безпеки населення та стійкості функціонування господарства України при загрозі виникнення природних та техногенних катастроф: Матеріали наук.-техн. конф., м. Київ, 10–12 грудня 1996 р. – К., 1997. – С. 87–89.

116. Рудько Г.І. Природничі умови екологічного моніторингу Карпатського регіону // Екологічний моніторинг геологічного середовища, глава 17. – Київ: Манускрипт, 1996. – С. 169–182.

117. Рудько Г.І., Осіюк В.А. Инженерная геодинамика Западной Украины и Молдовы, К.: Маклаут, 2007. – 808 с.

118. Рудько Г.І., Стецюк В.В. Екологічна геоморфологія та охорона надр: Навч. пос. – К.: Київський університет, 2004. – 191 с.

119. Рудько Г.І. Техногенно-екологічна безпека геологічного середовища: Монографія. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2001. – 359 с.

120. Рудько Г.І., Якимів І.М. Закономірності розвитку небезпечних геологічних процесів Карпатського регіону України з метою розрахунку екологічного ризику в зонах впливу нафтогазопроводів. В кн. “Геологічні проблеми Івано-Франківщини та Карпатського регіону”. Івано-Франківськ, видавнича фірма “Екор”, 1998 р., с. 29–37.

121. Рудько Г.І., Бойчук М.Д. Еколого-геологічні аспекти медичних проблем Червоноградсько-Соснівської промислово-міської агломерації. Экологические аспекты загрязнения окружающей среды (тезисы докладов международной научно-практ. конф., Киев, 26–28 марта 1996 г.) – Ч.1. – 1996. – С. 35–37.

122. Рудько Г.І., Бойчук М.Д. Наукові та методичні основи оцінки інженерного ризику природно-техногенних систем геодинамічно-активних територій. – К., 1996. – 25 с.

123. Рудько Г.І., Бондаренко М.Д. Наукові основи розрахунку ризику та методичні аспекти інженерного захисту процесонебезпечних територій сірчаних

та соляних родовищ Передкарпаття. Мінеральні ресурси України. – № 3. – 1997. – С. 32–35.

124. Рудько Г.І., Гайдін А.М. Сульфатний карст та його техногенна активізація (на прикладі Карпатського регіону України) // Вісн. Укр. будинку екон. та наук.-техн. знань. – К.: “Знання”, 1998. – 75 с.

125. Рудько Г.І., Гошовський С.В., Горда Є. Техногенно-екологічна безпека та захист територій від зсувів (на прикладі Карпатського регіону України за наслідками катастрофічної активізації в 1998–1999 рр.). – Київ: Видавництво тов-во “Знання”, 1998. – 100 с.

126. Рудько Г.І., Гошовський С.В. Екологічна безпека техноприродних геосистем (наукові та методичні основи): Наукова монографія // За редакцією Г.І.Рудька. – К.: ЗАТ “Нічлава”, 2006. – 464 с.

127. Рудько Г.І., Гошовський С.В., Блінов П.В. Інженерно-геологічний аналіз, моніторинг та захист території від зсувів: Монографія. – Львів, ЗУКЦ, 2004. – 151 с.

128. Рудько Г.І., Гошовський С.В., Преснер Б.М. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв’язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. – К.: ЗАТ “Нічлава”, 2002. – 624 с.

129. Рудько Г.І., Долішній М.І., Кравців В.С. Стратегія екологічної безпеки (регіональний контекст). – Львів, 1999. – 243 с.

130. Рудько Г.І., Кошіль М.Б. Екологічний моніторинг та оцінка інженерного ризику адміністративних областей Карпатського регіону (на прикладі Івано-Франківській і Чернівецькій областей) // Тез. допов. Конференції "Нормативно-правові аспекти оцінки і прогнозу екологічного стану довкілля адміністративних областей та районів України", м. Алушта, 2–5 червня 1997. – С. 13–16.

131. Рудько Г.І., Кошіль М.Б. Еколого-геологічні проблеми оптимізації гірничопромислових комплексів Львівщини // Тез. доп. конф. "Актуальні проблеми екогеології України". м. Київ, 24–25 квітня 1997. – С. 18.

132. Рудько Г.І., Кравців В.С., Самольтов П.В. Небезпечні природні та техноприродні процеси в гірських районах Львівської області: стан та прогноз

розвитку: Монографія. – Львів: Інститут регіональних досліджень НАН України, 2001. – 129 с.

133. Рудько Г.І., Кучма М.П. Наукові і методичні основи прогнозу та інженерного захисту території техногенно активізованого сульфатного карсту Передкарпаття. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми екологічної безпеки та керованого контролю динамічних природно-техногенних систем (науково-методичні основи, практика, досвід, екологічна освіта)". м. Львів, 24–26 вересня 1996. – Ч. I. – К.: Видавництво "Знання", 1996. – С. 113–116.

134. Рудько Г.І., Саломатин В.Н. Роль сейсмического фактора в развитии оползневого процесса на примере Украинских Карпат. Геозкология. Изд-во РАН, Москва. – № 5. – 1996. – С. 89–99.

135. Рудько Г.І., Скатинський Ю.П. Основні екологічні проблеми Львівської області. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми екологічної безпеки та керованого контролю динамічних природно-техногенних систем (науково-методичні основи, практика, досвід, екологічна освіта)". м. Львів, 24–26 вересня 1996 р. – Ч. I. – Київ, 1996. – С. 16–19.

136. Рудько Г.І., Шнюков Е.Ф., Шестопапов В.Л., Яковлев Е.А. Екологічна геологія України. – Київ: Наукова думка, 1993. – 407 с.

137. Рудько Г.І., Яковлев Є.О., Рогозін О.Я. Моніторинг процесонебезпечних територій та розрахунок ризику техноприродних аварій і катастроф. – Київ: "Знання", 1997 р. – 80 с.

138. Сергеев Е.М. Еще раз об инженерной геологии // Пути дальнейшего развития инженерной геологии. – М.: Наука, 1971. – С. 117–123.

139. Сергеев Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде // Инж. геология. – 1979. – № 1. – С. 3–20.

140. Серов Г.П. Экологический аудит (Концептуальные и организационно-правовые основы). М.: Экзамен, 2000. – 766 с.

141. Струев М.И. Львовско-Волынский каменноугольный бассейн. Геолого-промышленный очерк. – К.: Наук. думка, 1984. – 232 с.

142. Ткачук В.Г., Романюк А.Ф. Гидрогеологические условия нефтяных и газовых месторождений Советского Предкарпатья. – М., 1961. – 387 с.

143. Ткачук Л.Г., Алексеенко И.И., Золотухин В.В. Основные закономерности размещения и образования промышленных месторождений самородной серы в Прикарпатской провинции. Мат-лы Всесоюз. совещ. "Закономерности размещения месторождений в платформенных чехлах". – Ч.2. – Из-во АН УССР, 1960. – С. 82–90.

144. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстоведение. – М.: Недра, 1990. – 151 с.

145. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Геоэкология, экологическая геология и инженерная геология – соотношение содержания, объектов, предметов и задач // Геоэкология. – 1996. – № 6. – С. 43–45.

146. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. – М.: Наука, 1987. – С. 33–60.

147. Федосеев В.П. Комплексная оценка регионального влияния техногенных факторов на гидрогеологические и инженерно-геологические условия на территории деятельности объединения "Запукргеология". – Л., 1986. – 321 с.

148. Хілобоченко Л.С. Гідроенергетичні ресурси західних економічних районів України. – К.: Вид-во АН СРСР, 1960. – 408 с.

149. Черняев В.Ф. Системы и управление в инженерной геологии // Инж. геология. – 1988. – № 5. – С. 15–16.

150. Шеко А.И., Каякин В.В. Оценка опасностей и риска // Опасные экзогенные процессы. – М.: Наука, 1984. – С. 232-251.

151. Шешеня Н.Л. Основы инженерно-геологического прогнозирования. – М.: Наука, 1986. – 112 с.

152. Шешеня Н.Л., Тихвинский И.О. Геологические и зонально-климатические особенности формирования оползней. – М.: Наука, 1984. – 377 с.

153. Шойгу С.К., Шахраманьян М.А., Кофф Г.Л. и др. Анализ сейсмического риска, спасение и жизнеобеспечение населения при катастрофических

землетрясениях (сейсмические, методологические и методические аспекты). М.: Изд-во ГЧКС РФ, 1992. – Ч.1. – 176 с., Ч. 2. – 295 с.

154. Шторгин О.Д., Гавриленко К.С. Підземні води Західних областей України. – К.: Наукова думка, 1968. – 456 с.

155. Шульц С.С. Геотектоника. – Л.: Недра, 1979. – 272 с.

156. Экологическая геология Украины. Справочное пособие. – К.: Наукова думка, 1993. – 408 с.

157. Яблонский В.В. Связь масштабности селей Карпат с природными и антропогенными факторами селеформирований // Тр. УкрНИГМИ, 1992. – Вып. 121. – С. 5–8.

158. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA). Rationalisation of safety and serviceability factors in structural codes. Report 63. CIRIA, London, 1977.

159. Natural disasters in the World. A technical contribution of Spain to the IDNDR. Madrid, 1992. 65 p.

160. Natural disasters in the World. Statistical trend on natural disasters. IDNDR Promotion office. National Land Agency. Japan, 1994. 12 p.

161. Rudko H.I. Problems of remote monitoring of threatening exogenous processes of the western region of the Ukraine. Proceeding of fourth Ukraine-Russia-China Symposium on space and technology Ukraine. Kyiv. 12–17 September 1996. p. 82–85.