

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК АН УКРАИНЫ

На правах рукописи

ДУБЛЯНСКАЯ ГАЛИНА НИКОЛАЕВНА

**ПАРАГЕНЕЗИС КАРСТ — ПОДТОПЛЕНИЕ**

**04.00.07 — инженерная геология,  
мерзлотоведение и грунтоведение**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук

КИЕВ — 1994

AB 30.151

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00777510 (R)

Диссертацией является рукопись.

Работа выполнена на кафедре инженерной экологии Крымского института природоохранного и курортного строительства.

**Официальные оппоненты:**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

БАЕР РОБЕРТ АЛЕКСАНДРОВИЧ;

доктор геолого-минералогических наук

КОФФ ГРИГОРИЙ ЛЬВОВИЧ;

доктор геолого-минералогических наук

РУДЬКО ГЕОРГИЙ ИЛЬИЧ.

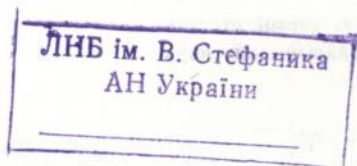
**Ведущая организация:**

кафедра инженерной геологии и гидрогеологии  
Одесского государственного университета имени  
И. И. Мечникова.

Защита диссертации состоится « 14 » июня 1994 г.  
в . 10 . часов на заседании специализированного ученого совета Д 016-54.02  
Института геологических наук АН Украины (252054, Киев-54, ул. Чкалова,  
55-б).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологических  
наук АН Украины (252054, Киев-54, ул. Чкалова, 55-б).

Автореферат разослан « 12 » мая 1994 г.



Ученый секретарь  
специализированного ученого совета

Н. С. ОГНЯНИК

Актуальность работы. Карст и подтопление относятся к числу наиболее распространенных площадных инженерно-геологических процессов (Сергеев, 1979; Проблемы..., 1988). По имеющимся оценкам карст развит более чем на 30% площади б. СССР. До 10% возводимых здесь зданий и сооружений выходят из строя вследствие воздействия на них карстовых деформаций. В 80-90 гг. карстовые аварии и катастрофы стали возникать на территориях, не относимых к закарстованным, или при глубине залегания карстующихся пород, считавшейся безопасной. Самые яркие примеры - карстовые аварии в Москве и Самаре, катастрофа на калийном руднике в Березниках, осложнение инженерно-геологической ситуации на Ровенской АЭС. Столь же широко распространены процессы, обусловленные повышением уровня подземных вод и обводнением грунтов. Это приводит к подтоплению территорий, особенно ярко выраженному в городах, на орошаемых массивах, в зонах влияния водохранилищ и пр.

До последнего времени карст и подтопление рассматривались изолированно друг от друга, даже если проявлялись на одной территории. Между тем, борьба с одним из этих процессов зачастую приводила к активизации другого, и, как следствие, к общему ухудшению геозологической ситуации и значительному увеличению материальных затрат. Исключение подобных нежелательных последствий в техногенно осваиваемых районах возможно только при грамотном управлении геологической средой на основе теоретического обоснования закономерностей формирования, распространения и взаимодействия карста и подтопления. Именно поэтому автор выдвинул на семинарах "Проблемы гидрогеологии карста" (Пермь, 1984) и "Проблемы изучения и картирования подтопления территории Украины" (Симферополь, 1984) в качестве первоочередной проблему комплексного изучения парагенезиса карст-подтопление [ 29,31 ].

Объектом исследований выбрана территория Украины, на которой карст и подтопление широко распространены и накоплен опыт их детального изучения (Шестопалов и др., 1966). В качестве регионов для сравнения использованы хорошо знакомые автору по многолетним научно-прикладным исследованиям подтопляемые закарстованные территории Урала, Приуралья и Подмосковья.

Цель и задачи исследований. Целью исследований является разработка научно-теоретических и методологических основ оценки карстоопасности при подтоплении закарстованных территорий для совершенствования методов контроля и управления их состоянием при хозяйственном освоении. Для ее достижения решались следующие основные задачи:

- разработка принципов выделения и картирования парагенезиса

карст-подтопление [ 44,45,55 ];

- типизация закарстованных территорий по условиям формирования парагенезиса карст-подтопление [ 45,55 ];

- установление особенностей формирования и распространения парагенезиса карст-подтопление [ 44,45,55,56,59 ];

- разработка системной модели взаимодействия карста и подтопления [ 48,50,62 ];

- обоснование особенностей взаимодействия в парагенезисе карст-подтопление [ 51,52 ];

- разработка методов оценки карстоопасности территорий и роли подтопления в ее формировании [ 45,47,61 ];

- апробация методов оценки карстоопасности в различных природных условиях и на территориях с разными видами хозяйственной деятельности [ 10,11,12,15,16-21,23-25,27-31,37-43,46,54,60 ].

Общая методология исследований. Методологическая основа исследований - теоретические работы по проблемам карста, подтопления и охраны геологической среды. Особенность методики исследований - сочетание геологических, гидрологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и карстологических методов.

Научная новизна результатов исследований определяется впервые выполненными: анализом основных условий и факторов формирования парагенезиса карст-подтопление; разработкой научно-теоретических и методологических основ его выделения, картирования и типизации; оценкой масштабов распространения парагенезиса и особенностей взаимодействия; разработкой метода балльной оценки карстоопасности при региональных и локальных инженерно-геологических исследованиях подтопляемых закарстованных территорий; выявлением роли подтопления в формировании карстоопасности; использованием научно-теоретических и методологических основ изучения парагенезиса для решения конкретных гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

Исходные материалы и личный вклад автора. Основой диссертации послужили материалы многолетних (1966-1993 гг.) исследований карста и подтопления, выполненных автором или под его руководством в Пермском госуниверситете (ПГУ), Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте охраны окружающей природной среды в угольной промышленности (ВНИИОСуголь), Институте минеральных ресурсов Мингео СССР (ИМП), Крымском институте природоохранного и курортного строительства Министерства образования Украины (КИПКС). С 1966 г. исследования проводились в рамках комплексной проблемы "Карст и пещеры Урала, их научное и народно-хозяйственное значение", с 1977 по 1983 гг. - в соответствии с постановлениями ГКНТ № 585 от 31.12.75

(задание 03 НТП 0.75.01 "Установить состав неорганизованного поверхностного стока и вынос примесей с территории промпредприятий горнодобывающей промышленности"); № 659 от 29.12.78 (задание 06 НТП 0.85.05 "Разработать прогноз изменений гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах деятельности крупных предприятий горнодобывающей промышленности и представить в Госплан СССР и Госстрой СССР предложения по уменьшению их отрицательного воздействия на геологическую среду"); № 81 от 31.03.81 (задание 01 "Разработать комплекс научно-технических мероприятий по максимальному предотвращению отрицательного воздействия деятельности предприятий горнодобывающей промышленности на геологическую среду"); № 254 от 20.07.81 (задание 08.06 Д Ia "Разработать прогноз подтопления отдельных городов Украинской СССР и провести районирование территории по степени потенциальной подтопляемости с целью обоснования предупредительных мероприятий"); с 1984-1992 гг. - в соответствии с координационными планами комиссии по карсту и спелеологии Научного Совета АН СССР по проблемам инженерной геологии и гидрогеологии (темы "Карст отдельных районов Европейской части СССР, закономерности его распространения и особенности развития" и "Составление карты распространения карстующихся пород СССР"). В 1991-1992 гг. автор участвовал также в выполнении темы "Оценка опасности карста и суффозии" задания 2.3.6 ГНТП "Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф" (Москва) и проекта № 299 "Геология, климат, гидрология и формирование карста" Международной геологической координационной программы ЮНЕСКО (куратор проф. Дао-Ксиан, Китай).

В заданиях 01, 03 и 06 автор был научным руководителем, ответственным исполнителем и координатором работ по угольной промышленности СССР; в задании Д Ia - ответственным исполнителем по Крымской области, по тематике Научного Совета - осуществлял методическое руководство и координацию работ восемнадцати организаций различных министерств и ведомств; непосредственно участвовал в разработке программ и методик проведения исследований, сборе, обобщении и анализе материалов, характеризующих условия и факторы развития карста и подтопления; организовывал опытные участки и проводил на них полевые исследования; осуществлял расчеты по оценке подтопления; разрабатывал методику инженерно-геологической оценки карстоопасности при подтоплении закарстованных территорий и осуществлял ее апробацию на различных объектах.

Фактические материалы для обоснования соответствующих научных положений получены современными методами (полевые гидрологические, гид-

рогеологические, геофизические, карстологические исследования; режимные наблюдения за подземными водами, ИТП, деформацией зданий и сооружений; расчеты на ЭВМ, математическое моделирование). Системный подход к решению поставленных задач, реализованный на различных уровнях исследований, и результаты внедрения научных разработок на объектах с разными видами хозяйственной деятельности подтверждают достоверность выдвинутых теоретических положений и выводов. В процессе работ использовались материалы ПО ГлавТУ Укргеология, Союзуглегеология, производственных и проектных организаций Госстроя СССР, Минмелиоводхоза СССР, ЕСЕГИНГЕО, Управлений главного архитектора городов Симферополя и Севастополя, ПО "Кизелуголь" и "Тулауголь", а также литературные источники.

Теоретические обобщения, методологические и методические научные разработки выполнены автором. Обработка полевых материалов, производство лабораторных исследований и расчетов, создание программ, внедрение методических разработок выполнялись в соавторстве, однако их теоретико-методологическая часть также принадлежит автору.

#### Основные защищаемые положения.

1. Парагенезис карст-подтопление возникает при совместном нахождении этих двух процессов на одной территории. Объектом исследований при парагенезисе выступает закарстованная территория, на которой под воздействием природных или природных и техногенных факторов развивается подтопление. Обоснование области развития парагенезиса осуществляется путем составления и последовательного наложения карт распространения карстующихся пород, карстопоявлений и потенциальной подтопляемости. На картах отображаются первые от поверхности толщи карстующихся пород разного литологического состава, толщи их переслаивания, толщи переслаивания карстующихся и некарстующихся пород, прослои карстующихся пород среди некарстующихся; поверхностные и подземные карстовые формы, зоны изменений свойств пород, водные объекты и отложения; подтопленные, периодически подтопляемые, потенциально подтопляемые и потенциально неподтопляемые территории. Распространение парагенезиса определяется границами подтопленных, периодически подтопляемых и потенциально подтопляемых площадей на закарстованных территориях.

Такой подход позволил впервые для территории Украины составить карты распространения карстующихся пород и парагенезиса карст-подтопление в масштабе 1:1000000, определить площади закарстованных территорий (396,15 тыс. км<sup>2</sup> или 65,6%) и развития парагенезиса (309,09 тыс. км<sup>2</sup> или 51,2%).

2. Типизация территорий по условиям формирования парагенезиса карст-подтопление основана на комбинировании принципов регионального

карстологического и типологического инженерно-геологического районирования. При региональном карстологическом районировании выделение таксонов производится на основании структурно-тектонических (страна, провинция, область), структурно-тектонических и литолого-стратиграфических (район), геоморфологических (подрайон, участок) критериев. При типологическом инженерно-геологическом районировании в пределах карстового таксона по соотношению литологических типов карста с типами карста по характеру перекрывающих отложений выделяются типы закарстованных территорий.

Такой подход позволил впервые выполнить карстологическое районирование Украины в масштабе 1:1000000, инженерно-геологическую типизацию по условиям развития парагенезиса для разных ее территорий в масштабах от 1:200000 до 1:2000 и обосновать систему пунктов наблюдений за изучением взаимодействия в парагенезисе карст-подтопление.

3. Взаимодействие в парагенезисе карст-подтопление раскрывается с помощью модели, представляющей собой функционально-динамическую систему, реализуемую через статический и два динамических блока, и образующую три уровня организации. Влияние карста на подтопление проявляется только на гидродинамическом уровне и связано с большой изменчивостью фильтрационных свойств карстующихся пород и дискретностью их распространения в пространстве. Это обуславливает общую дренирующую роль карста, медленный и длительный подъем уровня грунтовых вод, меньшие амплитуды и темпы его подъема, развитие подтопления на склонах. Влияние подтопления на карст проявляется на гидродинамическом, термодинамическом и физико-химическом уровнях и связано с увеличением объема и растворяющей способности карстовых вод. Это усиливает карстовые, суффозионно-карстовые, карстово-суффозионные процессы и вызывает общее снижение устойчивости закарстованных территорий.

4. Методика оценки карстоопасности при подтоплении закарстованных территорий и роли подтопления в активизации карста предусматривает раздельную оценку природных условий развития карста и его техногенной активизации балльным методом с последующим определением степени карстоопасности по перекрестной таблице-матрице. Четыре основных условия развития карста оцениваются по ведущим факторам, техногенная активизация - по всем видам хозяйственной деятельности, роль подтопления - по сумме баллов, приходящихся на виды деятельности, вызывающие парагенезис, или по величине дополнительной карстовой денудации.

Методика позволила впервые оценить карстоопасность разных регионов Украины и роль подтопления в активизации карста.

Практическое значение и внедрение. Результаты исследования внедрялись по нескольким направлениям:

- научно-методические и методологические основы выделения и картирования закарстованных территорий использованы восемнадцатью организациями различных министерств и ведомств при составлении региональных карт распространения карстующихся пород на территории бывшего СССР (масштаб 1:2500000);

- методика среднemasштабного картирования подтопления использована при разработке "Методических указаний по составлению карт пообластного гидрогеологического районирования по степени подтопления территорий (под влиянием естественных и техногенных факторов) масштаба 1:200000;

- разномасштабные карты районирования территории Крыма по потенциальной подтопляемости использованы при разработке постоянно действующей геодинамической модели Крыма и обосновании режимной сети, созданной в районах развития инженерно-геологических процессов на техногенно-освоенных закарстованных территориях (Крым, Симферополь, Севастополь, шахты и разрезы Подмосковного и Донецкого угольных бассейнов);

- выявленные особенности взаимодействия в парагенезисе карст-подтопление использованы институтами угольной промышленности при оценке и прогнозе влияния угледобывающих предприятий на геологическую среду, а также разработке научно-технических мероприятий по максимальному предотвращению этого влияния;

- модель взаимодействия карста и подтопления в природно-технических системах разного уровня использована при разработке "Концепции и системы профессионально-экологического образования", организации учебного процесса и составлении "Методических указаний..." по проведению экологических практик и написанию раздела "Охрана окружающей среды" в дипломных работах студентов строительных специальностей;

- результаты изучения парагенезиса карст-подтопление на конкретных объектах внедрены в производственных и проектных организациях Госстроя, Минмелиоводхоза, Минжилкомунхоза, Мингео СССР, Мингео СССР, Минуглепрома СССР, АН СССР, в том числе: УкрКоммуНИИпроекте г.Харькова (схема размещения сооружений по ликвидации подтопления городов и поселков Крымской области); КрымНИИпроекте (концепция генплана г.Симферополя); Военморпроекте (проект реконструкции промплощадки в г.Севастополе); ПО "Тулауголь" (проект рекультивации земель на разрезе "Кимовский"); Уралгипрошахт (ТЭО строительства очистных сооружений для шахт Коспашского месторождения); ПО "Кизелуголь" (мероприятия по снижению водопритоков при эксплуатации и ликвидации шахт); институтах "УкрГИПРоводхоз", "Укржкомунстрой", "Укрсельпроект", "КрымГИИТИЗ" (при проведении инженерных изысканий под строительство); ПО "Крымгеология", ПГО

"Запукргеология", Симферопольском горисполкоме и др. Экономический эффект от реализации разработок автора составил более 2 млн.руб. (в ценах 1990 г.).

Апробация работы. Результаты исследований представлены и обсуждены на 37 международных симпозиумах, всесоюзных, региональных и отраслевых совещаниях, конференциях и семинарах, в том числе: совещании по карсту Урала и Приуралья, Пермь, 1968; семинаре-совещании по полезным ископаемым карстовых полостей и впадин, Пермь, 1969; конференции "Человек и природа", Пермь, 1969; семинаре по применению количественных методов в карстоведении, Пермь, 1970; совещании по вопросам географии и охраны природы Урала, Пермь, 1970; семинаре по научному и практическому значению пещер, Пермь, 1972; семинаре "Воды и полезные ископаемые карстовых полостей и впадин", Пермь, 1974; Всесоюзном совещании "Состояние и задачи карстово-спелеологических исследований", Ленинград, 1975; Всесоюзном семинаре "Рекультивация земель на предприятиях угольной промышленности", Новомосковск, 1979; Всесоюзном совещании "Карст нечерноземья", Пермь, 1980; семинаре "Изменение гидрогеологических условий под влиянием разработки месторождений полезных ископаемых и строительства гидротехнических сооружений", Киев, 1980; совещании "Влияние горнодобывающей промышленности на геологическую среду и ее охрана", Пермь, 1981; семинаре "Отведение и использование поверхностного стока с территорий городов и промплощадок", Москва, 1981; Всесоюзном совещании по подземным водам Востока СССР, Иркутск, 1982; Всесоюзном совещании "Состояние, задачи и методы изучения глубинного карста СССР", Алушта, 1982; совещании "Охрана и рациональное использование подземных вод Урала", Свердловск, 1983; Всесоюзном совещании "Процессы подтопления застроенных территорий", Новосибирск, 1984; семинаре "Проблемы инженерной геологии Урала", Пермь, 1984; семинаре "Проблемы гидрогеологии и карста", Пермь, 1984; конференции "Формирование почвенно-мелиоративных условий орошаемых земель юга Украины", Киев, 1984; семинаре "Проблемы изучения и картирования территории Украинской ССР", Симферополь, 1984; Всесоюзном совещании "Методика изучения карста", Пермь, 1985; У съезде Географического общества УССР, Симферополь, 1985; Всесоюзном совещании "Картографирование и районирование карста в связи с освоением территории", Владивосток, 1986; Всесоюзном совещании "Проблемы изучения, экологии и охраны пещер", Киев, 1987; Международном симпозиуме "Проблемы комплексного изучения карста горных стран", Тбилиси, 1987; совещании "Практическое использование пещер гипсового карста", Пермь, 1987; Региональном совещании "Проблемы изучения техногенного карста", Кунгур, 1988; Международном спелеологическом конгрессе, Будапешт, 1989; Всесоюзном совеща-

нии "Противокарстовая защита объектов строительства", Куйбышев, 1990; совещании "Катастрофы и аварии на закарстованных территориях", Пермь, 1990; III Региональном совещании "Изучение карста Западного Кавказа", Адлер, 1991; конференции "Строительство и проблемы экологии", Симферополь, 1992; Международном симпозиуме "Инженерная геология карста", Пермь, 1992; республиканской конференции "Сельскохозяйственное производство и экология Крыма", Симферополь, 1992; международном семинаре "Проблемы управления природопользованием в регионе", Коктебель, 1993; Международной научно-практической конференции "Геоэкологические и медико-экологические проблемы промышленно-городских агломераций Крыма", Симферополь, 1994.

Публикации. Список трудов, представленных к защите диссертации, состоит из 143 наименований. Основные 68 работ автора, использованные в автореферате, включают 2 монографии, 7 работ монографического характера, 33 статьи, 19 тезисов докладов на всесоюзных и международных совещаниях и 7 отчетов о научно-исследовательской работе.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 390 страниц машинописного текста состоит из введения, десяти глав, объединенных в три части, заключения, списка использованной литературы из 420 наименований. В ней содержится 84 иллюстрации и 50 таблиц.

В выполнении исследований на разных этапах принимали участие В.М. Баньковская, Л.Г. Бокова, Е.Г. Воронов, И.А. Зуев, В.А. Литвин, И.Н. Никифорова, Н.И. Отмахова, Т.Д. Сухоплueva, И.П. Федорченко, Л.Д. Ческидова, которым автор выражает глубокую признательность за помощь в сборе и обработке материала. Автор благодарит Е.С. Дзекцера, А.П. Красавина, В.В. Контцеля, В.М. Кутепова, А.В. Луцка, А.Н. Олиферова, И.А. Печеркина, В.Н. Саломатина, А.П. Троценковского за ценные советы и помощь в процессе работы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Часть I. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАРАГЕНЕЗИСА КАРСТ-ПОДТОПЛЕНИЕ

#### Глава I. Принципы выделения парагенезиса карст-подтопление

Основываясь на представлениях о парагенетических комплексах экзогенных геологических процессов, изложенных в работах Г.К. Бондарика, Г.А. Голодковской, Ф.В. Котлова, Т.Д. Лиотровской, А.И. Шеко, автор впервые рассматривает парагенезис карст-подтопление. Обоснование области его распространения осуществляется путем составления и последующего наложения карт распространения карстующихся пород, карстопроявлений и

потенциальной подтопляемости.

До 80-х гг. считалось, что наибольшее инженерно-геологическое значение имеют карстующиеся породы, залегающие на поверхности или на небольшой глубине от нее (Г.А.Максимович, Н.В.Родионов, И.А.Саваренский и др.). В последние годы в разных регионах мира вследствие хозяйственной деятельности карст начал проявляться при глубине залегания карстующихся пород 100–400 и более метров. Началось оживление карста в Москве (глубина 100 м), образовались провалы в районе Тулы (150 м), близ Березников (400 м), в Гессене (Германия, 600 м). Отрицательное влияние карста сказалось на проходке шахтных стволов (Донбасс), отработке месторождений полезных ископаемых (Кривбасс, Кузбасс), бурении скважин на нефть и газ (Крым, Прикаспий). Стала очевидной необходимость картирования карстующихся пород, залегающих на больших глубинах от поверхности, и учета не только современных, но и древних карстопроявлений. Расширились и представления о возможностях развития карста в породах, которые ранее считались некарстующимися (конгломераты, железные руды, ортокварциты и пр.), а также в толщах переслаивания пород разного состава. Это определило необходимость нового подхода к картированию карстующихся пород. Автором предложены следующие основные принципы [44, 45, 51, 56]: картируется первая от поверхности толща карстующихся пород вне зависимости от мощности, генезиса и литологического состава перекрывающих некарстующихся отложений; карстующиеся породы выделяются на вспомогательных картах в пределах каждого стратиграфического подразделения; картируются карстующиеся породы разного состава, толщи их переслаивания, толщи переслаивания карстующихся пород с осадочными, метаморфическими, магматическими некарстующимися породами, прослои карстующихся пород среди некарстующихся; на основной карте, составляемой методом суперпозиции вспомогательных карт, отражаются литология и возраст карстующихся пород, залегающих первыми от поверхности.

При инженерно-геологической характеристике закарстованных территорий предлагается использовать следующий набор карстопроявлений: поверхностные формы (карры, поноры, проседания, оседания, мульды, просадки, провалы, воронки, рвы, долины, каньоны, котловины, поля, ниши, мосты, останцы); подземные формы (расширенные трещины, каналы, полости, колодцы, шахты, пещеры, палеокарстовые полости); зоны изменений свойств пород (зоны кавернозности, закарстованности, дезинтегрирования, разуплотнения); водные объекты (источники, реки, озера); отложения (известковые туфы, брекчии, карбонатная мука, заполнитель полостей).

Выявление возможностей развития подтопления осуществляется путем

районирования территорий по потенциальной подтопляемости (Е.С.Дзекцер, О.А.Лазаренко). Оценка подтопляемости закарстованных территорий производится поэтапно и включает составление комплекта вспомогательных карт, схематизацию условий и факторов развития подтопления, обоснование геофилтрационных схем, определение расчетных параметров, расчет подъема уровней грунтовых вод на заданный период различными методами, оценку типа подтопляемости территории, построение карты районирования территории по потенциальной подтопляемости [23, 29, 37, 40]. Границы развития подтопления определяются распределением различных типов подтопляемости. Выделяются территории: подтопленные, периодически подтопляемые и неподтопляемые в естественных и слабо нарушенных условиях; потенциально подтопляемые и неподтопляемые в нарушенных условиях. Основным критерием для отнесения территории к тому или иному типу является сопоставление существующих или прогнозных уровней грунтовых вод с критическими, определяющими максимальные глубины, выше которых фиксируется подтопление.

Изложенные принципы позволили впервые для Украины составить карты распространения карстующихся пород, карстопоявлений и потенциальной подтопляемости в масштабе 1:1000000. Карстующиеся породы, залегающие первыми от поверхности, занимают площадь 396,15 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 65,6% от территории Украины и почти в два раза превышает существующие оценки (34%, Б.Н.Иванов, 1975). Они известны во всех стратиграфических подразделениях, занимая наибольшую площадь среди пород мелового и неогенового возрастов. На Украине известно большинство из выделенных карстопоявлений. В разнх ее регионах по набору и частоте встречаемости они образуют статистически различные совокупности.

Подтопляемые территории всех типов занимают на Украине площадь 484,83 тыс. км<sup>2</sup> (80,4%). Распределение парагенезиса определяется развитием подтопления на закарстованных территориях. Выделяются три его типа: постоянный, периодический и потенциальный, приуроченные, соответственно, к подтопленным, периодически подтопляемым и потенциально подтопляемым территориям. На тех участках, где разделение на типы не представляется возможным из-за масштаба картирования, выделяется смешанный парагенезис. Общая площадь, занятая парагенезисом, составляет 309,09 тыс. км<sup>2</sup> (78,0% от площади закарстованных территорий или 51,2% от площади Украины, рис.1). Это свидетельствует о необходимости специального изучения парагенезиса карст-подтопление, условий его формирования и особенностей взаимодействия [40, 41, 43, 62].

## Глава 2. Распространение парагенезиса карст-подтопление

Для изучения особенностей распространения парагенезиса карст-подтопление осуществляется типизация закарстованных территорий по условиям его формирования. Опираясь на теоретические разработки об условиях развития карста, подтопления и других инженерно-геологических процессов (В.Е.Анпилов, Р.А.Баер, Н.А.Гвоздецкий, Е.С.Дзекцер, Г.А.Максимович, В.И.Осипов, И.Б.Попов, Е.М.Сергеев, А.Б.Ситников, Д.С.Сokolov, В.Т.Трофимов, А.Е.Шеко и др.), автор выделяет три основных условия и семь ведущих факторов развития парагенезиса (табл. I). Первые два условия определяются структурно-тектоническими, геологическими и геоморфологическими факторами, третье - природными или техногенными факторами, четко увязывающимися с ритмичностью изменений увлажненности или с направлениями хозяйственной деятельности. Выделенные в литературе виды деятельности (более 30, В.Н.Андрейчук, Б.Н.Иванов, Г.И.Рудько) сведены к 5 типам и 13 видам. Парагенезис карст-подтопление формируют лишь 8 из них (иригационный, лесотехнический, промышленный, городской, гидротехнический, энергетический, карьерный и шахтный). Каждый вид хозяйственной деятельности, определяя разные объем, температуру и химический состав техногенных вод, характер питания (сверху, сбоку, снизу) и режим поступления их в подземную гидросферу (постоянный, периодический, эпизодический), приводит к одинаковым проявлениям подтопления (повышение УГВ, формирование новых водоносных горизонтов, увеличение влажности пород зоны аэрации) и карста (образование и развитие карстовых, суффозионно-карстовых и карстово-суффозионных форм). Различия проявляются только в масштабе и скорости процессов, что позволяет абстрагироваться от видов хозяйственной деятельности, сосредоточившись на изучении условий формирования парагенезиса [13, 15, 16, 18-21, 24, 25, 35, 55 и др.].

Типизация закарстованных территорий по природным условиям формирования парагенезиса основывается на комбинировании принципов регионального карстологического и типологического инженерно-геологического районирования. Применительно к территории Украины проблема регионального карстологического районирования рассматривалась Н.А.Гвоздецким, Б.Н.Ивановым, Б.А.Корженевским, А.А.Ломаяевым, Г.А.Максимовичем, Н.В.Родионовым, А.Г.Чикишевым. Многие ее аспекты остаются дискуссионными [39, 45, 55, 58, 59]. Так, при районировании используется таксономический ряд страна - зона - область - район или страна - область - провинция - округ - район; пропускаются несколько высших единиц районирования, которое начинается с области или даже с района; смешиваются таксономический и типологический подходы; не

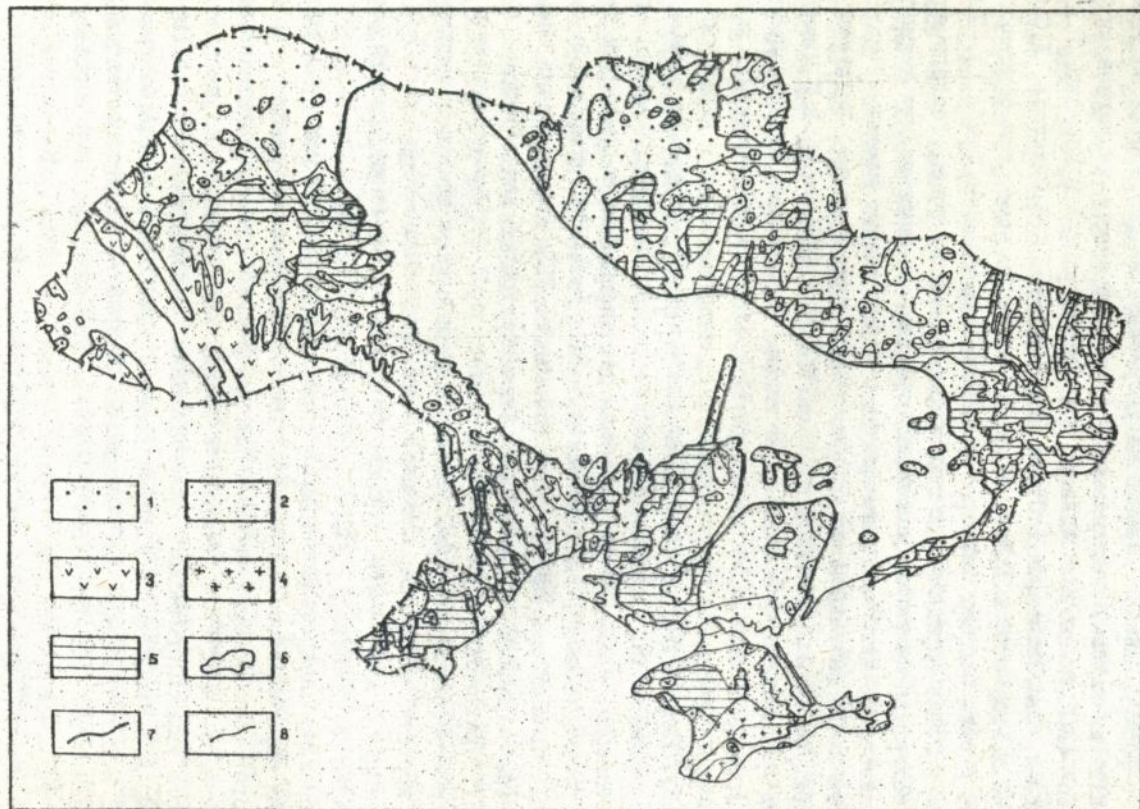


Рис. I

Таблица I

**Основные условия и ведущие факторы формирования  
парагенезиса карст-подтопление**

| Основные условия                                            | Ведущие факторы                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Наличие карстующихся пород разной закарстованности       | Приуроченность к определенной тектонической структуре<br>Литологический состав карстующихся пород<br>Геоморфологическая приуроченность |
| 2. Наличие перекрывающих отложений разной водопроницаемости | Литологический состав и мощность перекрывающих отложений<br>Наличие и мощность водоупора над карстующимися породами                    |
| 3. Наличие дополнительного питания подземных вод            | Объем, характер и режим поступления дополнительного питания<br>Глубина залегания подземных вод                                         |

обосновываются критерии выделения границ карстовых областей и районов, которые проводятся по административному, физико-географическому, структурно-тектоническому признакам или по типам карста; нарушается соразмерность таксонов, в результате чего площадь районов в одних регионах оказывается больше площади области в других и пр.

В качестве основных классификационных признаков регионального карстологического районирования автор использует структурно-тектонический (выделение стран, провинций, областей), структурно-тектонический и литолого-стратиграфический (выделение районов), геоморфологический (выделение подрайонов и участков). Определение границ таксонов по структурно-тектоническому признаку позволяет получить важную инженерно-геологическую характеристику - площадь развития

**Рис. I. Схема распространения парагенезиса карст-подтопление  
на закарстованных территориях Украины.**

Закарстованные территории с развитием парагенезиса: 1 - постоянного и периодического; 2 - потенциального; 3 - смешанного; 4 - смешанного в долинах рек горных районов. 5 - закарстованные территории без развития парагенезиса, 6 - незакарстованные территории. Границы: 7 - закарстованных территорий; 8 - развития парагенезиса.

карстующихся пород в пределах таксона. При наименовании таксонов по возможности используются введенные ранее названия, но их границы уточняются в соответствии с примененными принципами картирования и районирования.

Типологическое районирование карста обычно осуществляется по двум равнозначным признакам – характеру перекрывающих отложений и литологии карстующихся пород (Н.А.Гвоздецкий, Г.А.Максимович). Известно более 60 разновидностей типов карста. Основные недостатки имеющихся классификаций – раздельное рассмотрение типов карста и отсутствие четких критериев их выделения. Так, в качестве литологических типов выделяются толсто- и тонкослоистые известняки, часто фациально переходящие друг в друга; в качестве типов – полуоткрытый, полупокрытый, полузакрытый карст. Имея количественное звучание, они не поддаются картированию и инженерно-геологической оценке [39, 57].

Автор осуществляет типологическое инженерно-геологическое районирование с помощью матрицы, один ряд которой соответствует литологическому типу карста, а другой – типу карста по характеру перекрывающих отложений [65]. Это позволяет совместить оба вида применявшегося ранее районирования, получив на пересечении рядов матрицы новую единицу – "тип закарстованной территории", имеющую двойной индекс: например, А-1а – открытый известняковый карст. Многообразие литологических типов карста сведено к следующим типам и подтипам: карбонатный (известняковый, меловой, доломитовый); сульфатный (гипсовый, ангидритовый); соляной (каменной и калийной солей); толщ переслаивания карстующихся пород (карбонатно-сульфатный, карбонатно-соляной, сульфатно-соляной, карбонатно-сульфатно-соляной); толщ переслаивания карстующихся пород с некарстующимися (терригенно-карбонатный, терригенно-сульфатный, терригенно-соляной); прослоев карстующихся пород среди некарстующихся (карбонатно-терригенный, сульфатно-терригенный, соляно-терригенный).

Многообразие типов карста по характеру перекрывающих отложений сведено к четырем основным типам: открытый карст свойственен территориям, на которых карстующиеся породы выходят на поверхность или перекрыты осадочными несцементированными отложениями мощностью до 2 м; покрытый карст свойственен территориям, на которых карстующиеся породы покрыты осадочными несцементированными породами различного генезиса мощностью более 2 м; перекрытый карст свойственен территориям, на которых карстующиеся породы перекрыты осадочными сцементированными, магматическими или метаморфическими породами различной мощности; перекрыто-покрытый карст свойственен территориям, на которых карстующиеся породы перекрыты осадочными несцементированными и осадочными

сцементированными, магматическими или метаморфическими породами разной мощности. Выделение подтипов закарстованных территорий производится по строению и водопроницаемости перекрывающих отложений, гидрогеологическим условиям.

Типизация закарстованных территорий по условиям формирования парагенезиса впервые выполнена автором в масштабе 1:1000000 [45, 55]. В пределах Украины выделены 3 карстовых страны, 7 карстовых провинций, 16 карстовых областей и 45 карстовых районов, а также 27 типов закарстованных территорий. Она позволила установить основные особенности развития парагенезиса на территории Украины (табл. 2). Наибольшее распространение он получил в платформенных структурах, где его доля составляет до 83% площади закарстованных территорий. Здесь прослеживается влияние на парагенезис широтной зональности: с севера на юг его доля уменьшается с 96,2% (Полесская) до 70,7% (Равнинно-Крымская карстовая область). На севере преобладают распределения парагенезиса, близкие к нормальным, на западе и востоке – логнормальные, на юге – бимодальные. Этим подчеркивается не только климатическое влияние, но и повышение уровня техногенного воздействия.

Парагенезис преобладает на территориях, сложенных карбонатными породами (181,47 тыс. км<sup>2</sup>) и толщами переслаивания карстующихся пород с некарстующимися (109,05 тыс. км<sup>2</sup>); наибольшую площадь он занимает в покрытом (164,06 тыс. км<sup>2</sup>) и перекрыто-покрытом (103,32 тыс. км<sup>2</sup>) карсте. Максимальное развитие парагенезиса имеет на водораздельных пространствах, в долинах рек и на днищах балок, при начальной глубине залегания уровня грунтовых вод до 10, реже – 10–15 м. В покрытом карсте парагенезис формируется при залегании на карстующихся породах озерно-болотных, водноледниковых и аллювиальных (север и северо-восток Украины), эолово-делювиальных и аллювиальных (центральная часть), эолово-делювиальных отложений, на юге подстилаемых красно-бурыми глинами плиоцена.

Парагенезис чаще всего (65% площади) формируется на 10 из 27 выделенных типов закарстованных территорий (перекрыто-покрытый меловой, покрытый известняковый, покрытый терригенно-карбонатный, перекрыто-покрытый терригенно-карбонатный, открытый карбонатный, смешанный терригенно-карбонатный, покрытый карбонатно-терригенный, покрытый терригенно-соляной, покрытый карбонатно-сульфатный, смешанный карбонатный). Самая высокая пораженность парагенезисом отмечается на покрытом меловом карсте (58%). Представление о распределении парагенезиса в 16 карстовых областях Украины дает таблица 3.

Применение изложенных принципов типизации территорий по условиям формирования парагенезиса карст-подтопление в разных масштабах

Таблица 2

Особенности распространения парагенезиса карст-подтопление  
на территории Украины

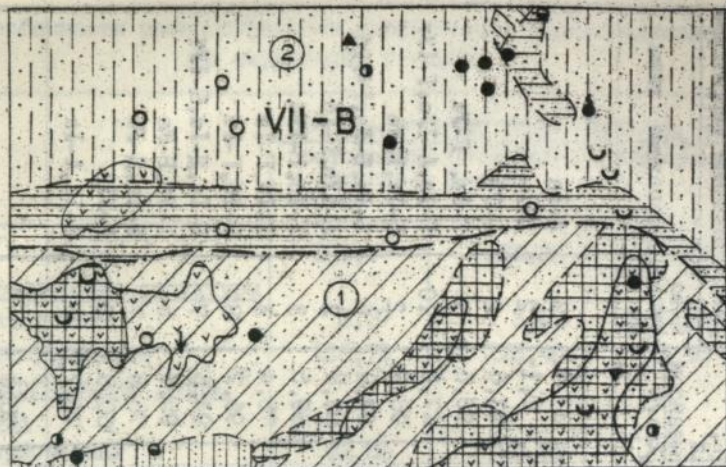
|                                                                | Площадь, занятая парагенезисом, тыс. км <sup>2</sup> |                    |           |        |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|-----------|--------|
|                                                                | постоянный<br>и периоди-<br>ческий                   | потенци-<br>альный | смешанный | всего  |
| Всего                                                          | 139,97                                               | 132,33             | 36,79     | 309,09 |
| <u>Тектонические структуры</u>                                 |                                                      |                    |           |        |
| Складчатые                                                     | 3,27                                                 | 3,87               | 7,86      | 15,00  |
| Платформенные                                                  | 136,70                                               | 128,46             | 28,93     | 294,09 |
| <u>Литологические типы</u>                                     |                                                      |                    |           |        |
| <u>карста</u>                                                  |                                                      |                    |           |        |
| Карбонатный                                                    | 92,55                                                | 80,79              | 8,13      | 181,47 |
| Сульфатный                                                     | 0,29                                                 | 1,25               | -         | 1,54   |
| Соляной                                                        | 0,12                                                 | 0,13               | -         | 0,25   |
| Толщ переслаивания<br>карстующихся пород                       | 0,60                                                 | 1,58               | 0,05      | 2,33   |
| Толщ переслаивания<br>карстующихся и не-<br>карстующихся пород | 39,69                                                | 43,76              | 25,60     | 109,05 |
| Прослоев карстующихся пород                                    | 6,72                                                 | 4,82               | 3,01      | 14,55  |
| <u>Типы карста по характеру перекрывающих отложений</u>        |                                                      |                    |           |        |
| Открытый                                                       | 0,63                                                 | 0,49               | 2,50      | 3,62   |
| Покрытый                                                       | 68,70                                                | 74,94              | 20,44     | 164,08 |
| Перекрытый                                                     | 0,57                                                 | 1,81               | 0,06      | 2,44   |
| Перекрыто-покрытый                                             | 48,48                                                | 44,75              | 10,08     | 103,32 |
| Смешанный в долинах рек                                        | 21,58                                                | 10,34              | 3,71      | 35,63  |
| <u>Типы закарстованных территорий</u>                          |                                                      |                    |           |        |
| Общее количество, шт                                           | 23                                                   | 22                 | 15        | 27     |
| Основные типы и их площади, тыс. км <sup>2</sup>               | В-16 37,9                                            | Г-16 52,2          | Г-Уа 8,6  |        |
|                                                                | Г-16 19,3                                            | В-1а 35,7          | В-Уа 6,3  |        |
|                                                                | В-1а 18,3                                            | В-16 13,9          | Д-Уа 5,2  |        |
|                                                                | В-Уа 18,2                                            | В-Уа 13,3          | В-Ув 2,9  |        |
|                                                                | Г-Уа 8,6                                             | Г-Уа 10,4          | В-У6 1,9  |        |
|                                                                | А-1а 5,6                                             |                    | В-1У6 1,9 |        |
|                                                                |                                                      |                    | Д-1а 1,4  |        |

Таблица 3

Распределение парагенезиса карст-подтопление на территории Украины

| Карстовые области       | Площадь карстовой области, тыс. км <sup>2</sup> | Площадь закарстованной территории |       | Площадь, занятая парагенезисом |      | Закарстованные территории |                    |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------------------------------|------|---------------------------|--------------------|
|                         |                                                 | тыс. км <sup>2</sup>              | %*    | тыс. км <sup>2</sup>           | %*   | К-во типов, шт            | Основные типы      |
| Горно-Крымская          | 6,10                                            | 2,30                              | 37,7  | 0,86                           | 37,4 | 3                         | A-Ia               |
| Центрально-Карпатская   | 16,70                                           | 0,14                              | 0,8   | 0,01                           | 7,1  | 2                         | B-Ia               |
| Закарпатская            | 4,80                                            | 1,43                              | 30,0  | 1,33                           | 93,6 | 2                         | B-Ув               |
| Прикарпатская           | 11,50                                           | 6,58                              | 76,0  | 7,77                           | 90,5 | 3                         | Г-Ув, Г-Уа         |
| Донбасская              | 30,00                                           | 28,60                             | 95,0  | 4,99                           | 17,0 | 10                        | B-Уа, A-IУа, Г-IУг |
| Северо-Приднепровская   | 91,00                                           | 19,10                             | 21,0  | 18,76                          | 98,2 | 2                         | B-Уа, Г-Уа         |
| Южно-Приднепровская     | 86,50                                           | 17,40                             | 20,1  | 16,50                          | 94,8 | 6                         | B-Ia, B-Уа, Г-УIб  |
| Днепровская             | 52,00                                           | 28,00                             | 53,8  | 23,35                          | 83,8 | 3                         | Г-IУв, Г-Iб        |
| Днепровско-Донецкая     | 50,50                                           | 46,50                             | 96,0  | 33,71                          | 69,5 | 3                         | Г-Iб, Г-IУб        |
| Донецко-Воронежская     | 59,50                                           | 57,00                             | 95,7  | 42,98                          | 75,4 | 3                         | Г-Iб, Г-Iв         |
| Полесская               | 51,00                                           | 49,90                             | 97,8  | 48,00                          | 96,2 | 8                         | B-Iб, Г-Iб         |
| Подольско-Буковинская   | 33,60                                           | 32,70                             | 97,3  | 30,95                          | 94,6 | 7                         | B-Ia, Д-Ia, B-IУб  |
| Молдавско-Подольская    | 13,57                                           | 11,37                             | 83,8  | 10,91                          | 95,9 | 5                         | Г-Уа, B-Уа         |
| Причерноморско-Азовская | 69,79                                           | 65,79                             | 94,3  | 51,82                          | 78,8 | 7                         | B-Ia, Д-Уа         |
| Добруджинская           | 7,84                                            | 7,84                              | 100,0 | 4,77                           | 60,8 | 2                         | Г-УIa              |
| Равнинно-Крымская       | 19,30                                           | 17,50                             | 90,6  | 12,38                          | 70,7 | 5                         | B-Ia, A-Ia         |
| Всего                   | 603,70                                          | 396,15                            | 65,6  | 309,09                         | 78,0 |                           |                    |

\*от площади карстовой области, %\*от площади закарстованной территории



|       |   |    | A | B <sub>1</sub> <sup>16</sup> | B <sub>2</sub> <sup>16</sup> | B <sub>3</sub> <sup>26</sup> | B <sub>5</sub> <sup>26</sup> | B <sub>7</sub> <sup>3r</sup> | B <sub>9</sub> <sup>3r</sup> |
|-------|---|----|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| VII-B | 1 | Ia |   |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
|       |   | Va |   |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
|       | 2 | Ia |   |                              |                              |                              |                              |                              |                              |
|       |   | Va |   |                              |                              |                              |                              |                              |                              |



Рис. 2. Карта типизации закарстованных территорий по условиям формирования парагенезиса карст-подтопление. (Крым, масштаб 1:200000, фрагмент).

**1. Типы закарстованных территорий. Литологические типы и подтипы карста:** I – карбонатный, Ia – известняковый, У – толщ переслаивания карстующихся пород с некарстующимися, Va – мергельно-известняковый. Типы и подтипы карстующихся пород по характеру перекрывающих отложений: А – открытые, В – покрытые: В<sub>1</sub><sup>16</sup> – морскими и лиманно-морскими песками, глинами (мощность 5 м, к – 0,03 м/сут); В<sub>2</sub><sup>16</sup> – элювиально-делювиальными суглинками, глинами (2-5 м, 0,03 м/сут); В<sub>3</sub><sup>26</sup> – элювиально-делювиальными или пролювиально-делювиальными суглинками и глинами (до 10 м, 0,03 м/сут), красно-бурими глинами (до 20 м); В<sub>5</sub><sup>26</sup> – эолово-делювиальными тяжелыми суглинками (до 5 м, 0,05 м/сут) и красно-бурими глинами (до 12 м); В<sub>7</sub><sup>3r</sup> – эолово-делювиальными средними суглинками (18-23 м, 0,3 м/сут), лиманно-морскими песками и глинами (15 м, 1,2 м/сут); В<sub>9</sub><sup>3r</sup> – аллювиальными и эолово-делювиальными песками

(от 1:200000 до 1:2000) позволило обосновать [ 13,14,15,21,31,33,46 ] и создать системы пунктов наблюдений на всех объектах его изучения (рис. 2). Они использованы также при составлении под руководством автора карстологических карт б.СССР (1:7500000), России (1:5000000), стран СНГ (1:25000000, как часть карты карста мира, готовящейся ЮНЕСКО) [ 63,65,68 ].

## Часть П. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ПАРАГЕНЕЗИСЕ КАРСТ-ПОДТОПЛЕНИЕ

### Глава 3. Системный подход к изучению взаимодействия в парагенезисе карст-подтопление

Процессы, входящие в парагенезис карст-подтопление, формируются под воздействием многих природных и техногенных факторов. Это порождает значительные трудности при изучении каждого из них, возрастающие при оценке их взаимодействия, преодолеть которые позволяет системный подход. Опираясь на разработки в области применения теории систем в инженерной геологии и гидрогеологии (Д.А.Арманд, Г.К.Бондарик, И.К.Гавич, Е.С.Дзекцер, В.К.Епишин, Г.Л.Кофф и др.), автор рассматривает подтопленную закарстованную территорию как единую природную (ПС) или природно-техническую (ПТС) систему. Взаимодействие карста и подтопления в них имеет одинаковый характер, отличаясь темпами и масштабом протекания, а также тем, что в ПТС оно может быть управляемым [ 48,50,62 ]. ПТС состоит из подсистем и элементов, образующих пять иерархических уровней. На первом уровне располагаются инженерно-геологические подсистемы карста и подтопления, представляющие единство двух подсистем второго уровня: природной, общей для

---

ми, гравием и галькой (до 20 м, 0,2 м/сут), лиманно-морскими песками и глинами ( до 20 м, 1,2 м/сут). Карстопроявления. Поверхностные формы: 1 – поноры, 2 – воронки, 3 – проседания; подземные карстовые формы: 4 – палеокарстовые полости без заполнителя; отложения: 5 – заполнитель палеокарстовых полостей; 6 – участки техногенной активизации карста. Режимная сеть: 7 – созданная после 1963 г. по предложению автора: а – одиночные скважины, б – кусты скважин; 8 – созданная до 1963 г. Границы: 9 – карстовых районов (1 – Тарханкутский, 2 – Северо-Сивашский); 10 – литологических типов карста; 11 – типов карста по характеру перекрывающих отложений; 12 – подтипов карста по характеру перекрывающих отложений

обоих процессов, и технической, вызывающей подтопление. Развитие карста и подтопления в природной системе осуществляется за счет взаимодействия трех подсистем третьего уровня: природной литогенной и гидрогеологической с гидрогенной технической, включающих по две подсистемы четвертого уровня (карстующихся и перекрывающих пород; карстовых и надкарстовых вод; водосодержащих и водонесущих сооружений). Каждая из подсистем четвертого уровня включает по три подсистемы пятого уровня: фильтрационную или гидродинамическую, термодинамическую и физико-химическую. Эти подсистемы являются элементами ПТС, взаимодействие между которыми определяет как особенности ее функционирования, так и характер взаимодействия в парагенезисе.

Пространственные границы ПТС определяются областью существующего и потенциального распространения парагенезиса. Ее границы устанавливаются по развитию карстующихся пород (для подсистемы карст) и типов подтопляемости (для подсистемы подтопление). Верхней границей является граница геологической среды, нижней – глубина залегания первых от поверхности карстующихся пород. Временные границы ПТС определяются периодом возможного влияния подтопления на закарстованную территорию, которое может наблюдаться и после прекращения существования технической подсистемы. Функционирование ПТС проявляется через связи и взаимодействия элементов между собой и внешней средой.

Модель взаимодействия карста и подтопления реализуется через статический и два динамических блока (рис. 3). В основу ее положены представления А.А.Пэка, видоизмененные в связи с задачами исследований и спецификой изучаемых объектов. Статический блок соответствует литогенной природной подсистеме, а динамические – гидрогеологической природной и гидрогенной технической подсистемам. Они образуют три уровня организации, отражая гидродинамику, термодинамику и физико-химическую динамику взаимодействия. В парагенезисе карст-подтопление происходит перекрытие статических блоков подсистем и наложение динамического блока подсистемы подтопление на аналогичный блок подсистемы карст. При этом трансформируются существующие в ПТС прямые и обратные и возникают новые, опосредованные связи. Свойства ПТС подтопляемой закарстованной территории определяются изменениями показателей, характеризующих основные условия и ведущие факторы развития обоих процессов. Высокий уровень их взаимодействия определяется тем, что подтопление вызывает изменения 10 из 21 фактора развития карста, а карст – 13 из 23 факторов развития подтопления.

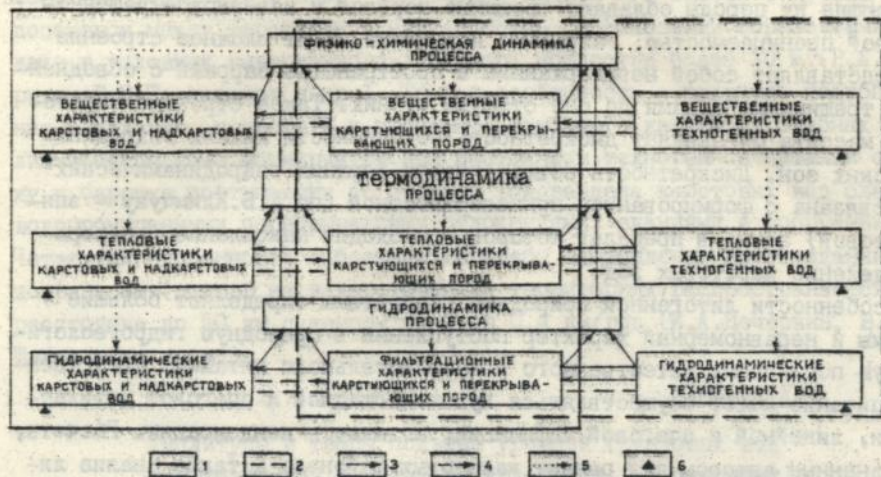


Рис. 3. Системная модель взаимодействия карста и подтопления.  
 Границы подсистем: 1 - карстовой; 2 - подтопления. Характер связей: 3 - прямые; 4 - опосредованные; 5 - обратные. 6 - входы подсистем

#### Глава 4. Влияние карста на развитие подтопления

Проблема влияния карста на развитие подтопления в литературе освещена слабо. Большинство исследователей лишь упоминает о таком влиянии, не раскрывая его механизм и особенности (Е.С.Дзекцер, О.В.Слинко, И.А.Меркулова и др.). При прогнозной оценке подъема уровня грунтовых вод наличие карстующихся пород вообще не учитывается или они рассматриваются как водоупор. Представление подтопляемой закарстованной территории в виде ПТС, а взаимодействия в парагенезисе в виде трехуровневой функционально-динамической модели позволяет раскрыть механизм влияния карста на подтопление. Оно проявляется только на гидродинамическом уровне, через фильтрационные особенности литогенной природной подсистемы [43, 48, 51, 61, 64].

Основной особенностью статического блока карст является большая изменчивость фильтрационных свойств пород и дискретность их распространения в пространстве (Б.В.Боревский, А.В.Лушук, Н.С.Огняник, Д.Форд и др.). Карстовый массив, как правило, разбит разрывными нарушениями на блоки размерами сотни-тысячи метров.

Слагающие их породы обладают трещинно-поровой и каверново-трещинно-поровой проницаемостью. Разрывные нарушения имеют сложное строение и представляют собой невыдержанные в пространстве барражи с обводненными трещинными зонами по обе стороны от них. Такое строение карстового массива определяет дискретность обводненности нижних гидродинамических зон. Дискретность обводненности верхних гидродинамических зон связана с формированием приповерхностной (по А.Б.Климчуку - эпикарстовой) зоны, в пределах которой происходит накопление и перераспределение карстовых вод.

Особенности литогенной природной подсистемы определяют большие объемы и неравномерный характер поступления в природную гидрогеологическую подсистему естественного и дополнительного питания. Естественное питание может осуществляться путем площадной и очаговой инфильтрации, линейной и очаговой инфляции, а также - конденсации. Расчеты, выполненные автором для разных карстовых районов, а также анализ литературы свидетельствуют, что величина естественного питания разных типов (м/сут) может меняться на 4-5 порядков ( $10^{-3} \dots 10^1$ ), дополнительного питания - на 2-3 порядка ( $10^{-5} \dots 10^{-2}$ ), естественной конденсации - на 4 порядка ( $10^{-6} \dots 10^{-2}$ ), техногенной конденсации - на 2 порядка ( $10^{-5} \dots 10^{-4}$ ). Это необходимо учитывать при оценке подтопления I 50,64 I.

Перечисленные особенности статического и динамического блоков определяют специфику развития подтопления на закарстованных территориях, которая проявляется в общей амплитуде подъема УГВ за период техногенного воздействия, темпах подъема и пораженности территории процессом. Конкретные значения данных параметров определяются структурно-тектонической и геоморфологической приуроченностью закарстованной территории, ее типом и видом хозяйственной деятельности, вызывающей подтопление. Основная особенность подтопления на закарстованных территориях - общая дренирующая роль карста любого типа (максимальный подъем УГВ происходит на водоразделах и в центральной части тектонических блоков, минимальный - в зоне разгрузки и близ разрывных нарушений). Вторая особенность - медленный и более длительный подъем УГВ, меньшие амплитуды и темпы подъема при постоянном подтоплении. На Украине средние темпы подъема УГВ минимальны в открытом (0,02...0,1 м/год) и максимальны (0,15...1,1 м/год) в покрытом и перекрыто-покрытом типах карста. Прослеживается тенденция увеличения темпа подъема до глубины залегания УГВ 15 м, ярче выраженная в покрытом карсте (табл. 4). Темп подъема УГВ зависит от наличия водоупора над карстующимися породами. Он выше на территориях, сложенных красно-бурыми глинами плиоцена и перекрытых слабоводопроницаемыми четвертичными отло-

жениями. Медленный и более длительный подъем УТВ связан с лучшим водообменом между карстовым и надкарстовым водоносными горизонтами даже в условиях выдержанного водоупора мощностью более 10 м (Р.А.Смирнов, В.М.Шестопалов и др.). Третья особенность – развитие подтопления в условиях покрытого и перекрыто-покрытого карста на склонах долин и балок. Оно формируется при постоянном техногенном питании сверху и барраже поступающих со стороны водораздела карстовых вод слабо-водопроницаемыми перекрывающими отложениями, зданиями и сооружениями. Четвертая особенность – большие масштабы подтопления при создании водохранилищ (подпор на закарстованных территориях распространяется на расстояние до 50 км с темпом от 2 до 0,4 км/год (И.А.Печеркин, В.М.Шестопалов и др.)).

Таблица 4

Амплитуды и темпы подъема уровней грунтовых вод при различной глубине их залегания в покрытом карсте Равнинного Крыма (по данным 146 скважин)

| Начальная глубина залегания УТВ, м | Пределы изменения        |                      | Средний темп подъема, м/год |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|
|                                    | амплитуды подъема УТВ, м | темпа подъема УТВ, м |                             |
| менее 3                            | 0,03...0,66              | 0,02...0,10          | 0,06                        |
| 3...5                              | 0,93...2,96              | 0,12...0,35          | 0,20                        |
| 6...8                              | 1,30...5,77              | 0,16...0,74          | 0,33                        |
| 9...15                             | 2,85...6,40              | 0,36...0,74          | 0,40                        |
| более 15                           | 1,90...4,87              | 0,19...0,57          | 0,31                        |

## Глава 5. Влияние подтопления на развитие карста

Проблема влияния подтопления на развитие карста пока не нашла достаточного теоретического обоснования. Она рассматривается в основном в связи с подъемом УТВ, вызванным гидротехническим строительством (А.Г.Лыкошин, Л.А.Молоков, И.А.Печеркин и др.). Ряд ее аспектов затронут в работах Е.С.Дзекцера, В.С.Ковалевского, В.М.Кутепова, А.В.Луцкича, В.В.Толмачева, В.П.Хоменко, В.М.Шестопалова и др. Представление взаимодействия в парагенезисе карст-подтопление в виде трехуровневой модели позволяет раскрыть механизм и особенности влияния подтопления на карст. Они проявляются на всех трех уровнях – гидродинамическом, термодинамическом и физико-химическом за счет увеличения объема движущейся воды и повышения ее растворяющей способности [46,52].

Гидродинамический уровень. Подтопление воздействует на карст через изменения гидродинамической зональности, гидростатического давления, уклона, скорости, направления и характера движения карстовых вод. Изменения гидродинамической зональности связаны с характером поступления дополнительного питания и выражаются в увеличении мощности различных зон карстовых вод. При поступлении воды сверху увеличивается мощность зоны колебаний уровней, сбоку – горизонтальной циркуляции, снизу – сифонной циркуляции. Повышение уровня карстовых вод приводит к возрастанию гидростатического давления на 0,1–40 ат; перестройка гидродинамической зональности – к увеличению уклонов с 0,0001 до 0,1, скорости карстовых вод с 0,001 до 10 м/с. Изменения направлений и характера движений карстовых вод вызывает смену ламинарного движения турбулентным, в результате чего растворяющая способность подземных потоков возрастает в 1,5–2, разрушающая – в  $10^3$ – $10^9$ , транспортирующая – в  $10^6$ – $10^{12}$  раз.

Термодинамический уровень. Воздействие подтопления на карст проявляется в основном через изменения температуры подземных вод. Закарстованные территории представляют собой охлажденные блоки земной коры с зоной сезонных колебаний температур мощностью десятки-тысячи метров. При развитии подтопления происходит снижение температуры карстовых вод (питание из гипolimниона обвально-подпрудных озер и водохранилищ, начальная фаза работы оросительных систем) или ее повышение (работа оросительных систем в летний период, потери из водо- и теплонесущих коммуникаций и пр.). Это способствует изменению растворимости карстующихся пород, возникновению термической коррозии со средней интенсивностью 2 мг/л.град, активизации жизнедеятельности бактерий, в десятки раз усиливающей коррозионные процессы.

Физико-химический уровень. Воздействие подтопления на карст проявляется через изменения минерализации, ионного состава и pH карстовых вод. Подтопление приводит к поступлению в карстовый массив воды более низкой (фильтрация из водохранилищ, инфильтрационных бассейнов, потери из водопроводной сети) или более высокой (потери из отстойников, канализационной сети, сток с золоотвалов и пр.) минерализации. Это вызывает коррозию смешивания со средней интенсивностью 0,4 мг/л на мг/л полусуммы минерализации смешивающихся вод. Ионный состав карстовых вод в результате подтопления становится более пестрым, количество гидрохимических типов возрастает с 6–10 до 30–40, появляются воды сложного 5–6-компонентного состава. Особенно опасно поступление в карстовые коллекторы, не обладающие элиминирующими свойствами, различных загрязнителей. Растворимость горных пород значительно возрастает при поступлении в водоносный горизонт неорганических и органических кислот (А.А.

Колодяжная, В.Л.Злобина), причем для увеличения растворимости карбонатов кельяна на три порядка достаточно изменения pH всего на 0,1-0,2 единицы (У.Вайт).

Карстологическими следствиями подтопления являются активизация карстового, суффозионно-карстового и карстово-суффозионного процессов, а также нарушение устойчивости закарстованных территорий. Активизация карстового процесса (увеличение размеров существующих и образование новых форм) наиболее ярко проявляются в соляном и сульфатном карсте (Закарпатье, Прикарпатье, Приднестровская Подолия, Донбасс, Приуралье и пр.). В последние десятилетия появился ряд примеров активизации и карбонатного карста (провалы в известняках и доломитах в районе Самари, на берегах Иркутского водохранилища и пр.). Активизация суффозионно-карстового процесса связана с вымывом заполнителя из древних карстовых полостей при изменениях напоров подземных вод. Эти процессы чаще отмечаются при гидротехническом строительстве (Каховская ГЭС, Ульяновское и Межгорненское водохранилища в Крыму и пр.). Происходят они и при гражданском и промышленном строительстве (Севастополь, Ровенская АЭС и пр.). Активизация карстово-суффозионных процессов связана с формированием просадок и провалов в перекрывающей толще при замыве рыхлого материала в карстовые полости и закарстованные трещины. Общее снижение устойчивости закарстованных территорий связано с изменениями напряженного состояния пород в связи с увеличением дополнительного давления (по данным А.В.Лущика в Равнинном Крыму при повышении уровня подземных вод оно возросло на 5-15 т/м<sup>2</sup>). Увеличение влажности, обводненности, объемной массы грунта вызывает изменения ряда его физико-механических характеристик (модуль деформации, угол внутреннего трения, число пластичности, показатель консистенции и пр.), а изменения соотношения уровня карстовых и надкарстовых вод провоцируют нарушение устойчивости перекрывающих отложений, приводя к образованию просадок и провалов (В.М.Кутепов, В.П.Хоменко и др.).

В конкретных природных условиях возможны различные комбинации влияния подтопления на карст, которые находят выражение в распределении карстопроявлений. Под влиянием подтопления трансформируются 24 из 35 выделенных карстопоявлений. Первые реагируют на него изменениями режима водные объекты (источники, реки, озера) и карстовые поля; затем меняются свойства карстующихся пород в зонах квернозности, закарстования, дезинтегрирования, разуплотнения. Последними реагируют на подтопление поверхностные карстовые формы. Это определяет наличие "латентного" периода активизации карста, который начинает проявляться на поверхности через 2-5 лет после начала подтопления. Совместный анализ карт типов карста и потенциальной подтопляемости Украины выявил

различия в наборе и частоте встречаемости различных карстопроявлений на подтопленных территориях. Поверхностные карстопроявления наиболее распространены на периодически подтопленных территориях [ 48,52 ].

### Глава 6. Методика оценки карстоопасности при подтоплении закарстованных территорий

В практике инженерно-геологических исследований оценка карстоопасности (устойчивости) территорий производится на основании их комплексного изучения с использованием методов геологических аналогий, аналитического, математического и натурного моделирования (В.М.Кутепов, А.В.Лушчик, В.И.Мартин, Г.И.Рудько, В.В.Толмачев, В.П.Хоменко и др.). Их применение осложняют неоднозначность в выборе используемых факторов развития карста (от 5-10 до 120-150), отсутствие надежных методов определения термодинамических параметров (температура, текущие и равновесные концентрации, параметры диффузионного переноса и кинетики растворения, дефицит насыщения и пр.), неприменимость ко всем типам карста (оценка устойчивости территории по скорости возникновения провалов возможна только в покрытом карсте и пр.), ложность информации, которую дает основной показатель, используемый при оценке карстоопасности - плотность карстовых форм, шт/км<sup>2</sup> (при этом не учитывается площадь, занятая карстопроявлениями) и пр. [ 42,47,55,61 ].

Разработанная методика предусматривает отдельную оценку природных условий развития карста и его техногенной активизации балльным способом с последующим определением степени карстоопасности. Четыре основных условия развития карста оцениваются по 21 ведущему фактору. Для каждого из них разработаны пятибалльные, в основном линейные шкалы, учитывающие закономерности развития карстового процесса, установленные на основании его изучения в разных регионах. Наличие растворимых пород оценивается по степени их развития в плане и в разрезе, литологии, мощности, типу карста по характеру перекрывающих отложений и их мощности; наличие водопроницаемости - по структурно-тектоническим условиям, залеганию пород, расстоянию от крупных тектонических нарушений, водопроницаемости пород и перекрывающих отложений, тектоническому режиму; наличие движущихся вод - по количеству эффективных осадков, конденсационных вод, величине поверхностного и подземного стока и его уклону; наличие агрессивных свойств - по минерализации, pH, температуре карстовых вод, а также по возможному повышению их растворяющей способности (дополнительное поступление CO<sub>2</sub>, окисление сульфидов, коррозия смешивания и др.). Техногенная активизация оценивается по видам хозяйственной деятельности (распашка, орошение, бурение, вырубка леса, промышленное, гражданское, гидротехническое, коммуникационное

строительство, горнодобывающая и водохозяйственная деятельность), сведения о которых имеются в Атласах природных условий и естественных ресурсов. Изучаемая территория покрывается регулярной сеткой, каждый квадрат которой рассматривается в качестве операционно-территориальной единицы (ОТЕ). После набора по каждой ОТЕ баллов по всем оцениваемым факторам, их суммирования и осреднения методом скользящего окна, строятся карты балльной факторной оценки условий развития карста и его техногенной активизации. На первой выделяются территории с неблагоприятными, слабо благоприятными, средне благоприятными, благоприятными и весьма благоприятными условиями развития карста, на второй – территории со слабой, средней, сильной и очень сильной активизацией карста. Потенциальная карстоопасность оценивается наложением этих карт, с использованием перекрестной таблицы-матрицы. Выделяются пять степеней карстоопасности: низкая (I), средняя (II), высокая (III), очень высокая (IV) и катастрофическая (V). Роль подтопления в активизации карста оценивается по сумме баллов, приходящихся на 8 видов деятельности, вызывающих парагенезис (ирригационный, лесотехнический, промышленный, городской, гидротехнический, энергетический, карьерный, шахтный).

Предлагаемая методика отличается однозначным набором анализируемых показателей и их количества (по ведущим факторам, через которые реализуются основные условия развития карста), сравнительной простотой получения их расчетных значений (с использованием имеющейся геологической, гидрогеологической, карстологической информации), универсальностью (методика применима на всех уровнях исследований от обзорного до локального), возможностью учета факторов, имеющих разную размерность. Она апробирована для территории Украины и Молдовы [45, 47, 51, 55, 59, 61, 66]. Наиболее благоприятны условия развития карста в Горно-Крымской (74 балла), наименее – в Добруджинской (39 баллов) карстовых областях; очень сильная техногенная активизация (более 25 баллов) происходит на участках Донецкой и Причерноморской карстовых областей. Очень высокая карстоопасность отмечена на 3% закарстованной территории (участки Горно-Крымской, Донбасской, Прикарпатской карстовых областей), высокая – на 65% (Полесская, Подольско-Буковинская, Причерноморская, Равнинно-Крымская карстовые области); катастрофическая степень карстоопасности на обзорном уровне не выделяется, но ее возникновение возможно на территориях с весьма благоприятными условиями развития карста при усилении хозяйственной деятельности (рис. 4, 5). Построенные карты верифицированы фактическими данными о карстовых авариях и катастрофах за последние 100 лет, а также – хорошей сходимостью с картами развития парагенезиса (коэффициент корреляции по 65 ОТЕ 0,92<sup>±0,12</sup>).

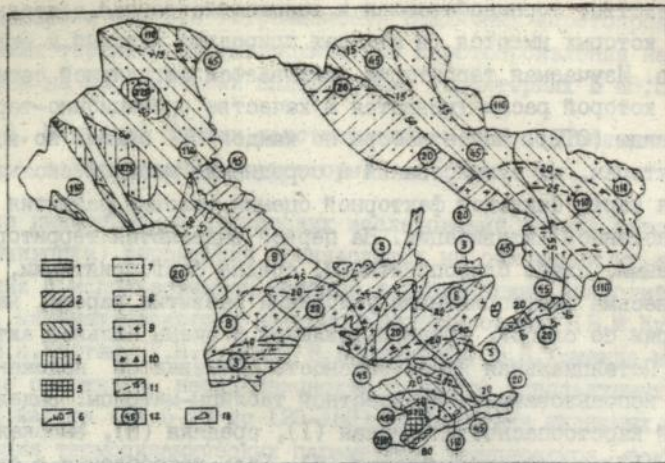


Рис. 4. Балльная оценка условий развития и техногенной активизации карста Украины и Молдовы.

Условия развития карста, баллы: 1 - неблагоприятные (менее 40); 2 - слабо благоприятные (40...50); 3 - средние благоприятные (51...60); 4 - благоприятные (61...70); 5 - весьма благоприятные (более 70); 6 - изобаллы условий развития карста. Техногенная активизация карста, баллы: 7 - слабая (менее 15); 8 - средняя (15...20); 9 - сильная (21...25); 10 - очень сильная (более 25); 11 - изобаллы техногенной активизации. 12 - расчетная плотность карстопроявлений, шт/1000 км<sup>2</sup>, 13 - незакарстованные территории

Из 17 баллов, характеризующих техногенную активизацию карста, 8 баллов (48%) дает подтопление. По карстовым областям его влияние возрастает от 31% (Полесская) до 57% (Равнинно-Крымская). Средняя величина техногенной активизации карста по отдельным ОТЕ увеличивается с севера на юг.

Для оценки роли подтопления на локальном, детальном и объектном уровнях используется величина карстовой денудации (мм/год). Предлагаются 5 моделей расчета дополнительной карстовой денудации, которые реализуются в зависимости от конкретной инженерно-геологической обстановки и наличия исходных данных (рис.6). Модель I

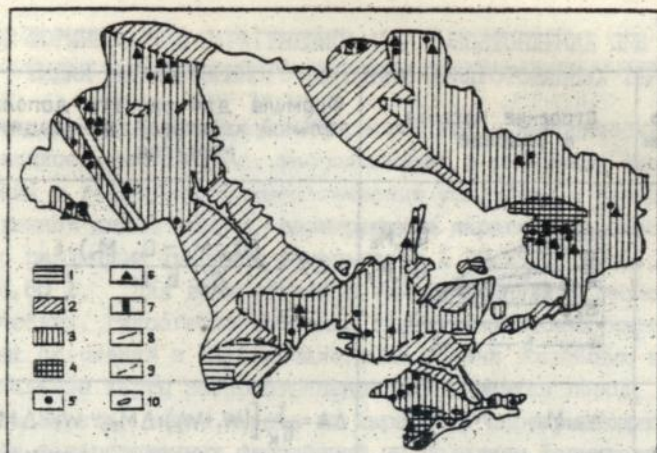
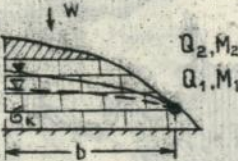
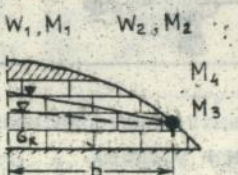
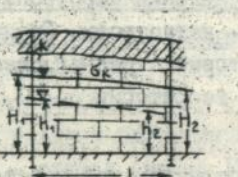
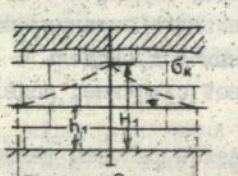
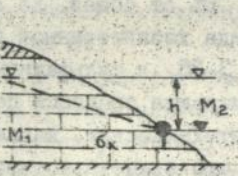


Рис.5. Степень потенциальной карстоопасности территории Украины и Молдовы.

Степень потенциальной карстоопасности: 1 - низкая; 2 - средняя; 3 - высокая; 4 - очень высокая. Проявления карстоопасности: 5 - аварийные ситуации; 6 - аварии; 7 - катастрофы. Границы: 8 - закарстованных территорий; 9 - территорий с разной степенью закарстованности. 10 - незакарстованные территории

предусматривает расчет величины дополнительной карстовой денудации по расходу и минерализации источников; модель 2 - по величине и минерализации естественного и дополнительного питания; модель 3 - по расходу и минерализации потока подземных вод; модель 4 - по изменениям уровня и минерализации в одиночной скважине; модель 5 - при подпоре водохранилищами.

Выполненные с использованием моделей расчеты величины дополнительной карстовой денудации, формирующейся в результате подтопления, показали, что она может достигать 70% от общей. Ее значения зависят от литологического типа карста и вида хозяйственной деятельности. В карбонатном карсте она составляет 3-25, в сульфатном - 100-600, в соляном - 120-44000 мм/год. Максимальные значения дополнительной карстовой денудации связаны с гидротехническим, карьерным и шахтным видами хозяйственной деятельности, что свидетельствует о значительной роли подтопления в развитии карста.

| Номер модели | Строение массива в разрезе                                                          | Формула для расчета дополнительной карстовой денудации, мкм/год                                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            |    | $\Delta A = \frac{(Q_2 \cdot M_2 - Q_1 \cdot M_1) \cdot t}{\sigma_k \cdot b \cdot l}$                                                                                                                                           |
| 2            |    | $\Delta A = \frac{t}{\sigma_k} [(W_1 + W_2) \cdot \Delta M_{cp} \cdot W_1 \cdot \Delta M]$ $\Delta M = M_3 - M_1; \quad \Delta M_{cp} = M_4 - \frac{W_1 \cdot M_1 + W_2 \cdot M_2}{W_1 + W_2}$ $W_1 = \frac{X + K - Z}{T}$      |
| 3            |    | $\Delta A = \frac{k \cdot t}{2 \sigma_k \cdot L^2} \Delta M_2 (H_1^2 - H_2^2) - \Delta M_1 (h_1^2 - h_2^2)$                                                                                                                     |
| 4            |   | $\Delta A = \frac{(H_1 - h_1) \cdot \Delta M}{\sigma_k}, \quad V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot h_1, \quad V_2 = \frac{1}{3} \pi R^2 (H_1 - h_1)$ $M_{cp} = \frac{V_1 \cdot M_1 + V_2 \cdot M_2}{V_1 + V_2}$ $\Delta M = M_2 - M_{cp}$ |
| 5            |  | $\Delta A = \frac{h_{cp} \cdot K_3 \cdot (M_1 + M_2)}{2 \sigma_k}$ $h_{cp} = \frac{h}{2}$                                                                                                                                       |

### Часть III. ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАГЕНЕЗИСА КАРСТ-ПОДТОПЛЕНИЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ЗАКАРСТОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Применение изложенных выше теоретических и методических разработок осуществлялось на объектах, расположенных в различных структурно-тектонических и геолого-геоморфологических условиях, с разными видами хозяйственной деятельности, формирующими парагенезис карст-подтопление, и с различной степенью детальности [22, 23, 27, 29-31, 33, 34, 38, 40, 32, 43, 54, 60]. Для всех объектов помимо комплекта геоморфологических, геологических, гидрогеологических, гидродинамических карт, карт четвертичных отложений и глубин залегания уровня подземных вод составлены специальные карты распространения карстующихся пород, литологических типов карста, типов карста по характеру перекрывающих отложений, типизации закарстованных территорий по условиям формирования парагенезиса, потенциальной подтопляемости и карстоопасности. В качестве примеров рассматривается формирование парагенезиса на закарстованных территориях преимущественно сельскохозяйственного (Крым, региональный

Рис. 6. Модели оценки роли подтопления в активизации карстового процесса. Общие обозначения к моделям I-5:  $\Delta A$  - дополнительная карстовая денудация, мм/год;  $b, l$  - ширина и длина карстового массива (блока), м;  $\sigma_k$  - объемная плотность карстующихся пород, т/м<sup>3</sup>.

Модель 1.  $Q_1, Q_2, M_1, M_2$  - расход, м<sup>3</sup>/с, и минерализация, мг/л источников до и после подтопления;  $t$  - количество секунд в году.

Модель 2.  $W_1, W_2$  - естественное и дополнительное питание, м/сут;  $M_1$  и  $M_2$  - минерализация естественного и дополнительного питания, мг/л;  $X, K, Z$  - осадки, конденсация, испарение, мм за год;  $T$  - число дней в году.

Модель 3.  $h_1, H_1, h_2, H_2$  - уровни воды в скважине до и после подтопления, м;  $\Delta M_1, \Delta M_2$  - прирост минерализации воды в скважинах до и после подтопления, мг/л;  $L$  - расстояние между скважинами, м;  $k$  - коэффициент фильтрации, м/сут.

Модель 4.  $h_1, H_1$  - уровни воды в скважине до и после подтопления, м;  $M_1, M_2$  - минерализация воды в скважине до и после подтопления, мг/л;  $R$  - радиус влияния скважины, м;  $W_1, W_2$  - объем воды в расчетном элементе, м<sup>3</sup>.

Модель 5.  $h$  - величина подъема уровня воды в водохранилище, м;  $M_1, M_2$  - минерализация воды в водоносном горизонте и в водохранилище, мг/л;  $K_3$  - коэффициент объемной закарстованности, доли ед.

уровень, 1:200000), гражданского (г.Симферополь, локальный уровень, 1:25000) и промышленного (промплощадка в г.Севастополе, детальный уровень, 1:2000) освоения, а также в зонах влияния угледобычи (шахты ПО "Кизелуголь" и ПО "Тулауголь", разрез Кимовский ПО "Тулауголь"; детальный уровень, 1:10000 и 1:2000) и в карстовых системах (объектный уровень, 1:1000, 1:500). Обзорный уровень рассмотрен в теоретических главах работы на примере Украины (1:2500000, 1:1000000).

## Глава 7. Формирование парагенезиса карст-подтопление на территориях преимущественно сельскохозяйственного освоения (на примере Крыма)

Крым относится к наиболее хорошо изученным карстовым регионам. Основной объем исследований выполнен в 50-80 гг. (С.В.Альбов, И.Н.Васильев, В.Н.Дублянский, В.П.Душевский, Л.П.Задорожная, С.М.Зенгина, Б.Н.Иванов, А.В.Лушик, Е.В.Львова, В.П.Мелешин, В.И.Морозов, Т.И.Устинова, Д.И.Шутов и др.). В 80-90 гг. в Крыму вследствие широкого развития гидромелиорации резко ухудшилась экологическая обстановка, что определило необходимость более детального изучения карста.

Крым располагается в пределах Крымско-Кавказской и Восточно-Европейской карстовых стран, относясь к карстовым провинциям Крымского горноскладчатого сооружения и Скифской плиты. В его пределах выделены Горно-Крымская карстовая область ( $6100 \text{ км}^2$ ) с четырьмя и Равнинно-Крымская карстовая область ( $19500 \text{ км}^2$ ) с пятью районами. Средняя площадь карстового района в горных условиях составляет  $1525 \text{ км}^2$  ( $C_v=0,26$ ), а в равнинных —  $3860 \text{ км}^2$  ( $C_v=0,38$ ). Карстующиеся породы развиты на 78% площади полуострова. Типология карста Горного и Равнинного Крыма по данным инженерно-геологического районирования имеет существенные отличия. В Горном Крыму преобладают карбонатный и терригенно-карбонатный открытый и покрытый типы карста. Здесь известно 75% всех выделенных карстопроявлений, среди которых наиболее распространены карры, воронки, коррозионно-эрозионные и нивально-коррозионные полости. В Равнинном Крыму преобладает карбонатный покрытый карст. Здесь встречается около 50% выделенных карстопроявлений. В открытом карсте преобладают поверхностные формы, иногда имеющие техногенное происхождение. Подземные формы, по данным Д.И.Шутова, вскрыты буровыми скважинами на отметках от +170 до -200 м.

Особенности типологии карста нашли отражение и в формировании парагенезиса. В Горно-Крымской карстовой области он связан с подъемом УГВ вследствие ирригации, урбанизации и гидротехнического строительства, причем процесс не носит регионального характера. На постоянный и периодический парагенезис приходится 7,1% площади региона. Он распола-

гается в поймах рек и на днищах балок. Потенциальный парагенезис тяготеет к крупным карстовым котловинам Главной гряды, продольной долине между Внутренней и Внешней грядами, а также к склонам куест с глубиной залегания УГВ 3-10, реже 15 м. В Равнинно-Крымской карстовой области парагенезис развивается в долинах рек, а также - на водоразделах, преимущественно под воздействием "большого" орошения. Постоянный и периодический парагенезис занимают 22,6%, а потенциальный - 32,2% территории.

Формирование парагенезиса в карстовых районах имеет свои особенности, обусловленные естественными и техногенными факторами, проявляющиеся в разных темпах (от 0,01 до 3,09 м/год) и масштабах (от 1,6 до 44,6% площади района) его развития. Минимальное площадное развитие парагенезис имеет на открытом мергельно-известняковом, а максимальное - на покрытом известняковом карсте. Преобладающее влияние на его формирование оказывают рельеф, строение и водопроницаемость перекрывающих отложений. Наибольшее развитие парагенезис имеет на территориях, где карстующиеся породы перекрыты слабопроницаемыми аллювиальными и золово-делювиальными отложениями. В обеих карстовых областях средний темп формирования парагенезиса имеет тенденцию роста до глубины залегания подземных вод 15 м (с 0,08 до 0,40 м/год).

Для оценки карстоопасности использованы данные ИМР, скорректированные по материалам автора. Наибольшую площадь занимают территории с высокой и средней степенью карстоопасности. Это подтверждается сведениями о карстовых авариях (утечки из Ульяновского и Межгорненского водохранилищ, нарушение устойчивости зданий в гг.Симферополе, Севастополе и пр.). Доля подтопления в формировании парагенезиса оценена по составленным картам потенциальной карстоопасности и подтопляемости. Влияние подтопления в той или иной степени проявляется на 35% закарстованной территории Крыма [23,27,29,33,34,35,55].

## Глава 8. Формирование парагенезиса карст-подтопление на урбанизированных территориях (на примере г.Симферополя)

Город Симферополь (площадь 62,3 км<sup>2</sup>) располагается на северном склоне мегантиклинория Горного Крыма, относясь к Симферопольскому подрайону Предгорного района Горно-Крымской карстовой области. В его пределах выделены четыре карстовых участка, соответствующие основным формам рельефа: Внутренней и Внешней грядам, продольной долине между ними и поперечной долине р.Салгир. 93,7% его территории относятся к закарстованным. Наиболее развит карбонатный карст в нумулитовых известняках и карбонатно-терригенный карст в прослоях известняков среди

мергелей и глин новопавловского горизонта. По характеру перекрывающих отложений преобладают открытый, покрытый и перекрыто-покрытый типы карста. Карстопоявления представлены единичными понорами, равами, просадками, нишами, закарстованными трещинами, кавернозными зонами, небольшими пещерами и вскрытыми при строительстве палеокарстовыми полостями, а также – немногочисленными источниками. Благоприятные природные условия и высокая плотность, преимущественно селитебной застройки способствуют развитию подтопления. Величина естественного инфильтрационного питания составляет  $1,26 \cdot 10^{-4}$ , а дополнительного –  $2,0-3,2 \cdot 10^{-4}$  м/сут. По прогнозной оценке автора, выполненной в 1983 г., парагенезис формируется на 54,5% территории города. Постоянный и периодический парагенезис приурочен к поперечной и продольной долинам, к участкам развития карбонатно-терригенного и карбонатного перекрыто-покрытого и покрытого карста, а потенциальный – терригенно-карбонатного перекрыто-покрытого карста.

Данные фактических наблюдений за изменениями уровней подземных вод в 1983–1993 гг. подтвердили прогнозную оценку развития парагенезиса. Во всех водоносных горизонтах наблюдается устойчивый подъем уровней с темпом 0,13 м/год (мергели), 0,09 м/год (известняки), 0,01 м/год (аллювиальные отложения). Подъем уровней сопровождается повышением минерализации на 50–70 мг/л (известняки) и даже 100–200 мг/л (мергели и аллювий). Как и в целом в Крыму, темп подъема уровней возрастает с увеличением глубины залегания грунтовых вод (с 0,04 при глубине менее 3 м до 0,12 м/год – при 15 м).

Территория города характеризуется преимущественно средней и высокой степенью карстоопасности (66,1%). Гидрохимические данные свидетельствуют, что подтопление обеспечивает до 70% карстовой денудации. В открытом карсте ее величина достигает 16 мкм/год (в том числе 11,6 – дополнительная). Основная масса растворенного материала выносится из зоны аэрации. На уровне водоносного горизонта за счет коррозии смешивания карстовая денудация составляет всего 0,03 мкм/год [ 22,31,54,60 ].

#### Глава 9. Формирование парагенезиса карст-подтопление на территориях промышленного строительства (на примере промплощадки в г.Севастополе)

Промплощадка расположена в Севастопольском подрайоне Предгорного района Горно-Крымской карстовой области (площадь  $0,96 \text{ км}^2$ ). Она приурочена к балке, прорезающей Гераклеяское плато. Водоразделы и борта ее за пределами промплощадки заняты селитебной застройкой, садовыми участками и гаражами. В последние годы здесь участились деформации сооружений и полотна железной дороги, что потребовало проведения комплексных инженерно-

геологических исследований в пределах всей водосборной площади.

Карстующиеся породы, слагающие район промплощадки, имеют средне-миоценовый и среднесарматский возраст и терригенно-карбонатный состав, что определяет их слабую закарстованность в естественных условиях. Коэффициенты фильтрации миоценовых отложений колеблются от 0,02 до 50 м/сут. Глины нижнего сармата разделяют карстующиеся отложения на два водоносных комплекса – среднесарматский и среднемиоценовый, имеющие общее северо-западное направление подземного потока. Балка подрезает среднесарматский водоносный комплекс правым бортом, что создает здесь более благоприятные условия для развития естественного подтопления. В пределах водосборной площади развиты открытый и покрытый типы карста. Карстопроявления представлены нишами, каррами, каналами диаметром 2–5 см, источниками с дебитом 0,005–0,030 л/с, а также кавернозными и трещинными зонами и небольшими полостями, встреченными в 110 скважинах из 440. Коэффициенты линейной закарстованности достигают 75%. Они максимальны в зоне тектонического нарушения, пересекающего балку.

Подтопление формируется под влиянием утечек из водонесущих коммуникаций, конденсации под зданиями, сооружениями и асфальтовыми покрытиями, притока карстовых вод со стороны водоразделов и верховьев балки, а также вследствие барража карстовых и надкарстовых вод подпорными стенками и менее водопроницаемыми отложениями. Суммарное инфильтрационное питание составляет  $6,68 \cdot 10^{-4}$  м/сут, около 90% его формируют техногенные факторы. Темп подъема УГВ на разных элементах рельефа колеблется от 0,05 до 0,17 м/год. Он тем выше, чем больше боковой приток и техногенное питание. В результате подтопления произошло общее изменение уровней, температуры и химизма подземных вод. Они отличаются пестротой химического состава (39 гидрохимических типов), повышенной, на  $2-3^{\circ}\text{C}$  по сравнению с фоновой, температурой.

Парагенезис карст-подтопление развит на 77,5% территории промплощадки. Максимальное развитие он имеет на участках покрытого, минимальное – открытого терригенно-карбонатного карста. Парагенезис приурочен главным образом к морской террасе и днищу балки, соответственно, 100 и 79% их площади. Потенциальная карстоопасность оценена по величине коэффициента линейной закарстованности. Большая часть водосборной площади характеризуется преимущественно низкой степенью карстоопасности. Участки с высокой и очень высокой степенью карстоопасности тяготеют к днищу и основаниям бортов балки. Выделяются зоны повышенной карстоопасности, связанные с тектоническим нарушением и проявлениями субмаринной разгрузки, на которых развиваются карстовые и карс-

тово-суффозионные процессы. Подтопление формирует карстовую денудацию (3,3–25,6 мм/год), сопоставимую с естественной (для Предгорного Крыма – 10 мм/год). Это свидетельствует о его существенном влиянии на закарстованную территорию I 22–46 1.

#### Глава 10. Формирование парагенезиса карст-подтопление в зонах влияния угледобывающих предприятий и в карстовых системах

В практике хозяйственной деятельности известны проявления парагенезиса в отработанных пространствах шахт и разрезов, а также в карстовых полостях. На этих, казалось бы, разных объектах он имеет общие черты (поступление воды в основном сбоку или снизу, затопление значительных по размерам подземных пространств и пр.), что позволяет рассматривать их совместно I 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 24, 25, 28 1.

При добыче угля открытым способом формирование парагенезиса связано с нарушением водного режима на отработанных участках карьерных полей. Детально этот вопрос изучен на разрезе "Кимовский" (Подмосковный угольный бассейн). Разрез эксплуатируется с 1957 г. Отработанные пласты угля мощностью 0,9–6,4 м приурочены к бобриковскому горизонту визейского яруса, который залегает на закарстованных упинских известняках. Продуктивный горизонт перекрыт визейскими и бат-келловейскими песками, глинами, песчаниками, а также четвертичными аллювиально-делювиальными отложениями. На обводнение горных выработок в период эксплуатации оказывают влияние надугольный (нижнетульский), угольный (бобриковский) и подугольный (упинский) водоносные горизонты. Бестранспортная система разработки драглайнами с отсыпкой вскрышных пород во внутренние отвалы привела к образованию сложного техногенного рельефа – конусов и гребней высотой 5–25 м, разделенных выработанным пространством, которое затапливается после прекращения водопонижения. Исследования выявили ряд особенностей формирования парагенезиса: изменения характера перекрывающих отложений и связанное с ним снижение коэффициентов фильтрации (с 5,6 до 1,0 м/сут); изменение гидрологических условий (образование 32 искусственных водоемов площадью 112 га, объемом  $4,5 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>, с минерализацией воды 0,5–6,4 г/л, pH 1,5–8,1; изменение гидрогеологических условий (образование техногенного и изменение параметров упинского горизонтов, повышение минерализации, общей жесткости, pH, содержания сульфатов, железа, алюминия). Парагенезис существенно усиливает развитие карста, сказываясь на значительных расстояниях (1–2 км) от отработанных участков. Дополнительная карстовая денудация составляет до 700 мм/год (при фоновой 25).

В зонах подземных угольных разработок парагенезис развивается вследствие деформации поверхности при эксплуатации шахт или затоплении горных выработок при их ликвидации. Первый вид подтопления детально изучен на 14 шахтах ПО "Тулауголь". Выявлены особенности развития парагенезиса в зависимости от литологии и мощности надугольных отложений, глубины залегания грунтовых вод до отработки месторождения. Формирование парагенезиса при ликвидации подземных разработок рассмотрено на примере Кизеловского угольного бассейна. К 2000 г. здесь будут затоплены 22 шахтных поля, а ежегодный самоизлив кислых шахтных вод, по оценке автора [19], составит  $20 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Разработанные варианты мокрой ликвидации шахт позволяют уменьшить его на 65%. Особенности возникающего при этом парагенезиса связаны со слабой очищающей способностью карстующихся пород по отношению к загрязнителям, поступающим с шахтными водами [10-21, 24, 28].

В карстовых полостях под воздействием природных или техногенных факторов формируется постоянный, периодический или эпизодический парагенезис [1-12, 14, 16, 17, 21, 45, 49, 53, 55, 58, 59, 64, 67]. Постоянный парагенезис возникает при подпоре карстовых систем обвальными-подпрудными озерами (Амткелли, Абхазия), морскими водами (Тарханкут, Мангышлак) и водохранилищами (Намское, Иркутское и пр.). Он оказывает сравнительно небольшое влияние на природные объекты (локальное растворение, отложение глинистого материала). Периодический парагенезис возникает при быстрой инфильтрации атмосферных осадков или инфиляции поверхностных водотоков. Он приводит к подъему УГВ в полостях на 45 м (Крым), 125 м (Кавказ) и даже 450 м (Веркор, Франция). Периодический парагенезис возможен также при колебаниях уровней обвальными-подпрудных озер и водохранилищ (10-100 м). Его следствием является перестройка гидрогеологических условий (изменение гидродинамической зональности, направлений и скоростей потока, химизма и пр.). Эпизодический парагенезис формируется в основном при землетрясениях. Он зафиксирован в пещерах Крыма, Кавказа, Средней Азии, имеет небольшие амплитуды (первые метры), и не связан с увеличением объемов воды в массиве (происходит ее выжимание из пор и трещин). Эпизодический парагенезис наблюдается также при уменьшении интенсивности откачек (пещеры Черная, Золушка и пр.). При парагенезисе происходит усиление растворения карстующихся пород в полостях, связанное с увеличением расхода, турбулизацией и загрязнением подземных потоков. Величина дополнительной карстовой денудации достигает 20 (карбонатный) и 60 мм/год (сульфатный). Изучение пещерных систем открывает возможности исследования парагенезиса "изнутри", с использованием новых методик (изотопный анализ, построение совмещенных гидро-, термо- и хемограмм и пр.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение и анализ проблем инженерной геодинамики свидетельствуют о последовательной смене тенденций в ее развитии – от выделения и исследования отдельных инженерно-геологических процессов к углубленному изучению их важнейших парагенетических ассоциаций. В диссертационной работе осуществлено научное обобщение теоретических, методических, полевых и экспериментальных исследований автора по изучению формирования, взаимодействия и оценки наиболее опасных площадных процессов – карста и подтопления. Результаты их позволяют сделать ряд выводов, имеющих теоретическую и практическую значимость.

1. Парагенезис карст-подтопление возникает при совместном нахождении этих двух процессов на одной территории. Он формируется на закарстованных территориях под воздействием природных или природных и техногенных факторов. Обоснование области развития парагенезиса осуществляется путем составления и последовательного наложения карт распространения карстующихся пород, карстопроявлений и потенциальной подтопляемости. Распространение парагенезиса определяется границами подтопленных, периодически подтопляемых и потенциально подтопляемых площадей на закарстованных территориях. По оценкам, впервые выполненным автором, на Украине парагенезис занимает 309,09 тыс. км<sup>2</sup> (76% от площади закарстованных территорий или 51,2% от площади Украины). Основными условиями его развития являются наличие карстующихся пород разной закарстованности, перекрывающих отложений разной водопроницаемости и дополнительного питания подземных вод, а ведущими факторами – приуроченность к определенной тектонической структуре; литологический состав и мощность перекрывающих отложений; мощность водоупора над карстующимися породами; объем, характер и режим поступления дополнительного питания; глубина залегания подземных вод. Первые два условия формируются в результате длительной истории геологического развития закарстованной территории, а третье – преимущественно в ходе ее хозяйственного освоения.

2. Разработанная методика типизации территорий по условиям формирования парагенезиса карст-подтопление, базирующаяся на комбинировании принципов регионального карстологического и типологического инженерно-геологического районирования, позволила впервые выполнить карстологическое районирование Украины в масштабе 1:1000000 и инженерно-геологическую типизацию отдельных ее территорий в масштабах от 1:200000 до 1:2000; вскрыть закономерности формирования парагенезиса карст-подтопление и выявить участки, перспективные для организации и проведения специальных наблюдений за его взаимодействием. Наибольшее

развитие парагенезис получили в платформенных структурах, на участках речных долин и днищ балок, а также на водоразделах, в покрытом и перекрыто-покрытом карсте, сформированном на карбонатных породах и в толщах их переслаивания с некарстующимися породами.

3. Взаимодействие в парагенезисе карст-подтопление, раскрытое с помощью модели, представляющей собой функционально-динамическую систему, реализуемую через статический и два динамических блока и образующую три уровня организации, позволило впервые выявить механизм и особенности взаимовлияний в парагенезисе. Влияние карста на подтопление происходит только на гидродинамическом уровне и определяется повышенными коллекторскими свойствами карстующихся пород; сложным строением коллекторов, обладающих двойной и тройной пористостью; дискретностью пространственного распространения фильтрационных свойств и поступления естественного и техногенного питания; облегченной передачей напоров на большие расстояния и через раздельные слои. Это проявляется в дискретности развития подтопления на закарстованных территориях, медленных и более длительных подъемах уровней подземных вод; меньших амплитудах подъема; развитии подтопления на склонах, в условиях хорошей дренированности; меньших масштабах подтопления закарстованных территорий по сравнению с незакарстованными. Влияние подтопления на карст происходит на всех трех уровнях (гидродинамическом, термодинамическом, физико-химическом) и связано с изменениями гидродинамической зональности, гидростатического давления, уклона и скорости, характера и направления движения карстовых вод, их температуры и химического состава. Это приводит к общему усилению активности развития карста, активизации суффозионно-карстовых и карстово-суффозионных процессов, общему снижению устойчивости закарстованных территорий при подтоплении.

4. Методика региональной оценки карстоопасности при подтоплении закарстованных территорий и роли подтопления в активизации карста, предусматривающая раздельную оценку природных условий развития карста и его техногенной активизации балльным методом с последующим определением степени карстоопасности по перекрестной таблице-матрице, а роли подтопления — по сумме баллов, приходящихся на виды хозяйственной деятельности, вызывающей парагенезис, или по величине карстовой денудации, позволила впервые оценить карстоопасность разных регионов Украины и выявить значительную (до 70%) роль подтопления в активизации карста.

5. Теоретические представления, сформулированные в работе, и их практическое применение в разных природных условиях и при различных видах хозяйственной деятельности, закладывают основу нового научного

направления в изучении геологической среды как области взаимодействия парагенетических комплексов инженерно-геологических процессов, включающего: обоснование принципов выделения области распространения парагенезиса процессов, типизацию территории по условиям их формирования, выявление особенностей взаимодействия, выбор участков для комплексных режимных наблюдений, определение наиболее информативных гидродинамических, термодинамических, гидрохимических параметров для оценки устойчивости территорий в условиях взаимодействия процессов.

Данная работа представляет собой завершение первого этапа исследований парагенезиса карст-подтопление. Необходимо дальнейшее развитие этого научного направления путем совершенствования научных основ оценки и прогноза потенциальной карстоопасности и подтопляемости закарстованных территорий на базе геоэкологического мониторинга разных уровней, а также обоснования научно-технических мероприятий по управлению геологической средой в условиях их взаимодействия.

#### ОСНОВНЫЕ ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Загрязнение грунтовых вод сельских населенных пунктов//Гигиена водоснабжения, Пермь, 1966. - С.95-100 (соавтор К.А.Горбунова).
2. Химический состав подземных карстовых озер Пермской области//Пещеры, вып.6/7. Пермь, 1966. - С.47-53 (соавтор Г.А.Максимович).
3. Химический состав пещерных озер и льда//Химическая география и гидрохимия Пермской области. Пермь, 1967. - С.96-103 (соавтор Г.А.Максимович).
4. Пещеры карбонатного карста Пермской области//Вопросы карстоведения. Пермь, 1969. - С.149-156 (соавтор Г.А.Максимович).
5. Пещеры и провалы//Пещеры, вып.7/8. Пермь, 1969. - С.92-96 (соавтор Л.Н.Усольцев).
6. Пещеры гипсового карста Пермской области//Вопросы карстоведения, вып.2. Пермь, 1970. - С.153-156 (соавтор П.Н.Морозов).
7. Опыт типизации и морфометрической характеристики пещер карбонатного карста Пермской области//Пещеры, вып.8/9. Пермь, 1970. - С.28-34 (соавторы Г.А.Максимович, Т.И.Аникина).
8. Структурно-стратиграфическое распределение пещер Пермской области//Пещеры, вып.12/13. Пермь, 1972. С.41-49 (соавторы Л.А.Слободскова, П.А.Софроницкий).
9. Пещеры сульфатного и карбонатного карста Пермской области//Состояние и задачи карстово-спелеологических исследований, Ленинград, 1975. - С.75-76.

10. Возможные пути снижения сброса шахтных вод и их загрязненности из отработанных шахт западного крыла Косьвинской синклинали//Очистка и использование шахтных вод, вып.ХХП, М., 1976. - С.67-73 (соавторы В.А.Литвин, В.М.Проценкова).

11. Мероприятия по снижению сброса шахтных вод и их загрязненности из отработанных шахт Гремячинского месторождения//Охрана окружающей природной среды, вып.ХХІУ, М., 1978. - С.62-67 (соавторы В.А.Литвин, В.М.Проценкова).

12. Возможность строительства групповых очистных сооружений на Коспашском месторождении//Охрана окружающей природной среды, вып.ХХУ, М., 1979. - С.56-62 (соавтор В.А.Литвин).

13. Исследовать возможность прогнозирования изменения режима грунтовых вод и вида рекультивации. Отчет ГИИТ, 1979(соавтор В.М.Баньковская).

14. Условия формирования и закисления водоемов Кимовского разреза//Охрана окружающей среды, вып.26.М., 1980. - С.14-26 (соавтор Е.Г.Воронов).

15. Изучение водного режима в зонах угольных разработок в связи с рекультивацией земель//Инженерные проблемы безотходной технологии, Пермь, 1980. - С.113-116 (соавтор В.М.Баньковская).

16. Разработать комплекс научно-технических мероприятий по максимальному предотвращению отрицательного воздействия предприятий угольной промышленности на геологическую среду. Отчет ГИИТ, 1981 (соавтор В.М.Баньковская и др.).

17. Состав и объемы поверхностного стока с территории промпредприятий угольной промышленности//Вопросы использования водных ресурсов, М., 1981. - С.19-28 (соавтор И.А.Зуев).

18. Влияние угольных разработок на гидрогеологические условия нарушенных территорий//Охрана и рациональное использование природных ресурсов. М., 1981. - С.11-14 (соавторы Е.Г.Воронов, Т.М.Сухоплыва).

19. Мероприятия по уменьшению водопритоков и опыт их внедрения на шахтах ПО "Кизелуголь"//Охрана природы при разработке угольных месторождений. М., 1982. - С.123-125 (соавтор И.Г.Шаларенко).

20. Разработать и внедрить комплекс мероприятий по охране окружающей среды в Подмосковном угольном бассейне//Техника безопасности и горно-спасательное дело. М., 1982, № 2. - С.21-22 (соавторы В.М.Игошин и др.).

21. Роль отвалов открытых угольных разработок в формировании режима подземных и поверхностных вод//Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1982. - С.89 (соавторы Г.Д.Игнатенков, Е.А.Зуев),

22. Разработать прогноз подтопления отдельных участков городов СССР и провести районирование территории по степени потенциально подтопляемости. Днепропетровск. Научный отчет, 1983 (соавтор О.П. Лазаренко).
23. Разработка методических рекомендаций по специализированному картированию и составлению типовых среднemasштабных карт для моделирования геодинамических процессов. Симферополь. Научный отчет, 1983 (соавторы А.В.Лушик и др.).
24. Влияние отвалов угольных шахт на подземные воды//Рациональное использование и охрана подземных вод. Свердловск, 1983. - С.24-26 (соавторы Г.Г.Вознюк, В.М.Баньковская).
25. Охрана водных ресурсов Подмосковного угольного бассейна//Уголь, 1984, № 10. - С.55-56 (соавторы Л.С.Леви, В.С.Момчилов).
26. К вопросу о происхождении Кунгурской ледяной пещеры/Деп. в УкрНИИТИ, № 882-Ук 84 (соавтор В.А.Шипунова). - 32с.
27. Опыт среднemasштабного картирования подтопления на примере территории Равнинного Крыма//Процессы подтопления застроенных территорий грунтовыми водами, Новосибирск, 1984. - С.189-191 (соавторы А.В.Лушик, Л.Г.Бокова).
28. Рекультивация земель и водный режим отвалов шахт и разрезов Подмосковного бассейна//Уголь, 1984, № 7. - С.46-47 (соавтор В.М. Баньковская ).
29. Особенности методики среднemasштабного картирования подтопления на примере Равнинного Крыма//Проблемы изучения и картирования подтопления территории Украины, Киев, 1984. - С.7-9 (соавторы А.В.Лушик, Л.Г.Бокова).
30. Региональные особенности засоленности грунтов в районах с различной подтопляемостью Равнинного Крыма//Там же, С.11-14 (соавтор А.А.Улитина).
31. Изучение и прогнозная оценка подтопления территории г.Симферополя//Там же. - С.14-17 (соавторы И.П.Федорченко, Л.Г.Бокова).
32. Пространственно-временной анализ формирования карстовых полостей/Деп. в УкрНИИТИ, № 1736-Ук 94 (соавторы В.Н.Дублянский, В.А.Шипунова). - 43с.
33. Принципы размещения режимной сети в районах развития современных экзогенных геологических процессов//Методика изучения карста, Пермь, 1985. - С.79-80 (соавтор Н.А.Белокопытова).
34. Особенности развития подтопления в Равнинном Крыму//Труды X съезда Географического общества Украинской ССР, Симферополь, 1985.- С. 50 (соавторы Л.Г.Бокова, И.П.Федорченко).

35. Разработка научно-методических основ моделирования карста и абразии в Крыму. Симферополь. Научный отчет, 1985 (соавторы Д.И.Шутов и др.).

36. К проблеме формирования коррозионно-эрозийных полостей//Першер, Пермь, 1986. - С.12-17 (соавторы В.Н.Дублянский, В.А.Шипунова).

37. Методические указания по составлению карт пообластного гидрогеологического районирования по степени подтопления территории. Днепропетровск, 1986. - 92с. (соавторы О.П.Лазаренко, А.А.Воробьева и др.).

38. Совершенствование методов исследований и картографирования процессов подтопления ТПК УССР. Днепропетровск, 1986, научный отчет (соавторы О.П.Лазаренко и др.).

39. Теоретические основы спелеологического районирования//Картографирование и районирование карста в связи с освоением территории, Владивосток, 1986. - С.10-12 (соавторы В.Н.Дублянский, Б.А.Вахрушев).

40. Районирование и оценка подтопляемости закарстованных территорий//Там же. - С.139-140 (соавторы О.П.Лазаренко и др.).

41. Гидромелиоративная деятельность и ее влияние на карст (на примере Украины)//Проблемы изучения техногенного карста. Кунгур, 1988. - С.71-72 (соавтор О.П.Лазаренко).

42. Понятийная база современной карстологии и проблемы инженерной геологии карста//Противокарстовая защита объектов строительства, Куйбышев, 1990. - С.16-18 (соавтор В.Н.Дублянский).

43. Влияние деятельности человека на карст//Научные доклады УРО АН СССР, Кунгур, 1990. - 38с. (соавторы В.Н.Андрейчук и др.).

44. Карта карстуемых пород СССР//Изучение и использование карста Западного Кавказа. Сочи, 1991. - С.3-5 (соавторы А.Н.Михайлов и др.).

45. Карст Юго-Запада Европейской части СССР/Деп. в УкрНИИТИ, № 33/161-Ук 92 (соавтор В.Н.Дублянский). - 155с.

46. Исследование деформаций сооружений на просадочных грунтах и склонах с разработкой рекомендаций по повышению надежности сооружений при их эксплуатации и реконструкции. Симферополь, Научный отчет, 1991 (соавторы Б.С.Балеевских и др.).

47. Карстоопасность на Украине//Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1992. - С.52-63 (соавтор В.Н.Дублянский).

48. Парагенезис карст-подтопление (опыт системного анализа//Там же. - С.159.

49. Подтопление карстовых полостей и безопасность их использования//Свет, Киев, 1992, № 2(4). № С.7-8.

50. Системный подход к изучению парагенезиса карст-подтопление/Деп. в УкрИНТЭИ 26.08.92, № 1331-Ук. - 30с.
51. Взаимодействие в парагенезисе карст-подтопление (влияние карста на развитие подтопления)/Деп. в УкрИНТЭИ 12.10.92, № 1551-Ук 92. - 47с.
52. Взаимодействие в парагенезисе карст-подтопление (влияние подтопления на развитие карста)/Деп. в УкрИНТЭИ 08.10.92, № 1550-Ук. - 65с.
53. Химический состав льдов карстовых полостей СССР//Инженерная геология, 1992, № 5. - С.119-122 (соавторы В.Н.Андрейчук и др.).
54. Анализ проектных разработок канализационного коллектора глубокого заложения в г.Симферополе//Строительство и проблемы экологии, Симферополь, 1992. - С.103-104 (соавторы В.А.Боков и др.).
55. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий. - Новосибирск: изд-во РАН, 1992. - 144с. (соавтор В.Н.Дублянский).
56. Генезис и история развития Кунгурской пещеры//Изв. РГО, 1992, т. 124, вып. 4. - С.347-350.
57. Терминологические проблемы карстологии и спелеологии//Понятийно-терминологические проблемы гидрогеологии и инженерной геологии. - М., 1992. - С.85-92.
58. Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий Украины и Молдовы (статья 1)//Геологический журнал, 1993, № 1. - С.96-101 (соавтор В.Н.Дублянский).
59. То же (статья 2)//Геологический журнал, 1993, № 2. - С.96-101.
60. Комплексная оценка экологического состояния промышленно-городской агломерации//Движение к ноосфере: теоретические и региональные проблемы. - Симферополь, 1993. - С.62-66 (соавтор В.И.Боровский).
61. Карстовые аварии и катастрофы как стихийные бедствия//Инженерная геология карста: материалы международного симпозиума, т.1. - Пермь, 1993. - С.231-236.
62. Парагенезис карст-подтопление//Там же, т.2. - Пермь, 1993. - С.17-22.
63. Распространение карстующихся пород и типов карста на территории б.СССР//Там же, т.2. - С.89-95 (соавторы В.Н.Андрейчук и др.).
64. Проблема конденсации в карстологии//Проблемы изучения карстовых ландшафтов. - Пермь, 1993. - С.63-66 (соавтор В.Н.Дублянский).
65. Инженерно-геологическая типизация закарстованных территорий//Инженерная экология (в печати).
66. Распространение карста на территории б.СССР/Деп. в ГНТБ Украины 13.07.93, № 1476-Ук 93. - 51с. (соавторы Т.И.Бакова и др.).

67. Space-time the karst cavity formation//Proc. of X Intern. Spel. Congr., v.II. - Budapest, 1989. - p. 687 (coop. V. Shipunova e.a).

68. Karst map of the former USSR//Geology, climat and karst formation, project 299 UNESCO, Newsletter, Guinlin, 1992. -P.10. (coop. K.A.Gorbunova e.o.).

1. Исследования по вопросам картографии в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 1-10. (составитель В.А. Бортенко).

2. Географические карты. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 11-15. (составитель В.А. Бортенко).

3. Географические карты. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 16-18. (составитель В.А. Бортенко).

4. Анализ проектных разработок картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 19-22. (составитель В.А. Бортенко).

5. Картографическое производство в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 23-25. (составитель В.А. Бортенко).

6. Развитие и история развития картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 26-28. (составитель В.А. Бортенко).

7. Географическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 29-31. (составитель В.А. Бортенко).

8. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 32-34. (составитель В.А. Бортенко).

9. То же. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 35-37. (составитель В.А. Бортенко).

10. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 38-40. (составитель В.А. Бортенко).

11. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 41-43. (составитель В.А. Бортенко).

12. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 44-46. (составитель В.А. Бортенко).

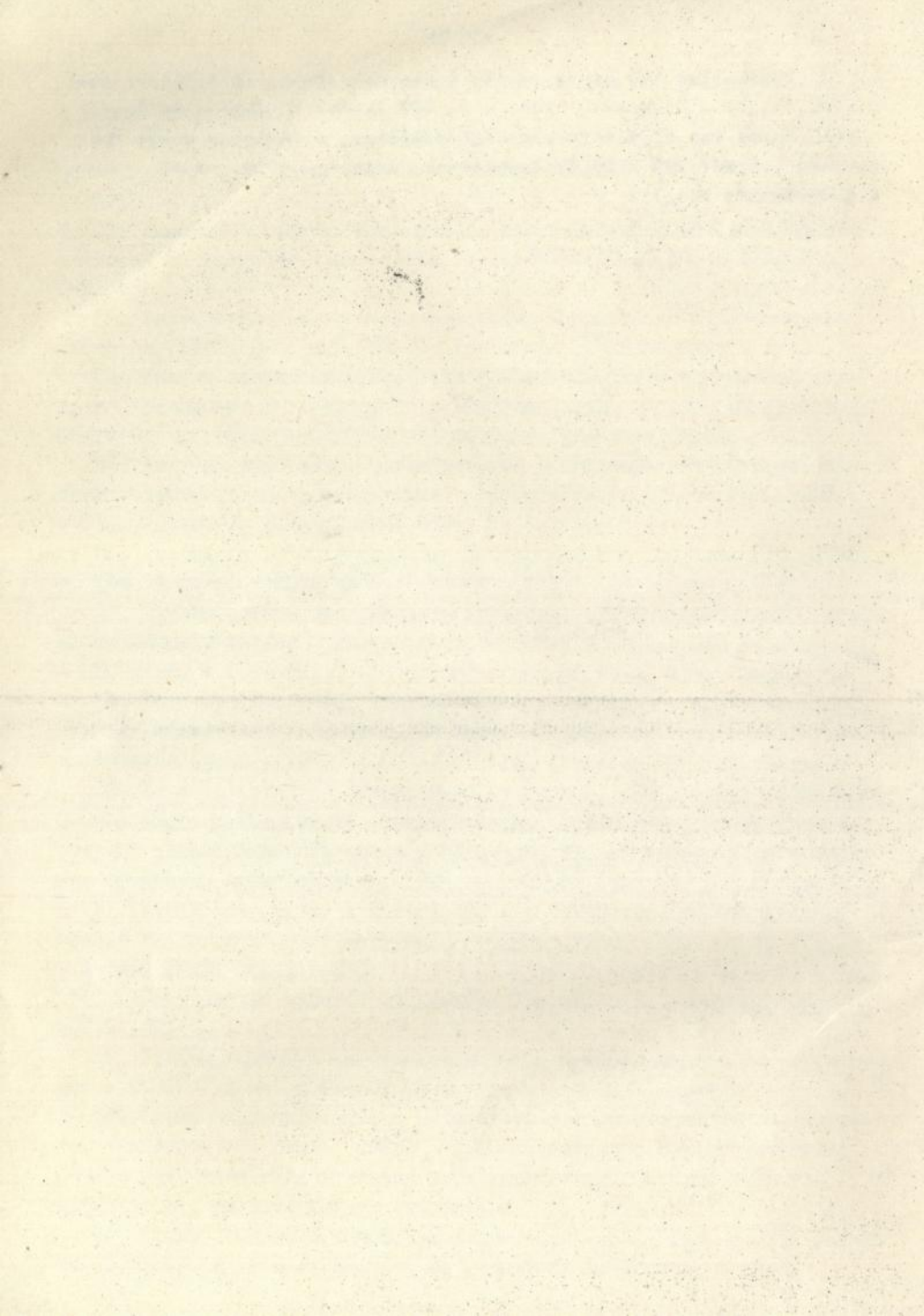
13. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 47-49. (составитель В.А. Бортенко).

14. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 50-52. (составитель В.А. Бортенко).

15. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 53-55. (составитель В.А. Бортенко).

16. Картографическое производство картографического производства в СССР. - Докл. АН СССР, 1959, т. 1, кн. 1, с. 56-58. (составитель В.А. Бортенко).





1457162

АВ 30.151  
**АВ 30.151**

**Парагенезис карст — подтопление**  
**Дублянская Галина Николаевна**

Сдано в набор 11.04.94. Подписано в печать 11.04.94.  
Формат 60X84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая. Печать ротاپринтная.  
Усл. печ. л. 2,69. Усл. кр.-отт. 2,92.

Тираж 100 экз. Заказ № 704. Бесплатно.  
Гортипография, 333000, г. Симферополь, ул. Горького, 8.