

У.М. Селивачева

**ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ ЛИТОГЕНЕЗА ТЕХНОГЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ДРЕНАЖНЫХ ВЫРАБОТОК**

У.М. Selivachova

**LITHOGENESIS MODEL PECULIARITIES OF TECHNOGENIC-GEOLOGICAL SYSTEM OF DRAINAGE
ADIT SYSTEMS**

Сучасний літогенез в середовищі дренажних виробок м. Київ розглянуто з позицій стадіального аналізу. На основі детальних літолого-геохімічних досліджень встановлено комплекс критеріїв і розроблено схему типізації відкладів дренажних штольневих систем, визначено способи їх акумуляції, охарактеризовано аутигенні й алотигенні утворення. Обґрунтовано модель літогенезу в техногенно-геологічній системі дренажних виробок.

Ключові слова: техногенно-геологічна система, відклади підземних виробок, літогенез у підземному просторі.

Современный литогенез в дренажных штольневых системах г. Киев рассмотрен с позиций стадийного анализа. На основании детальных литолого-геохимических исследований установлен комплекс критериев и разработана схема типизации отложений дренажных штольневых систем г. Киев, определены способы их аккумуляции, охарактеризованы аутигенные и аллотигенные образования. Обоснована модель литогенеза в техногенно-геологической системе дренажных выработок.

Ключевые слова: техногенно-геологическая система, отложения подземных выработок, литогенез в подземном пространстве.

Modern sedimentation in tekhnogenic-geological environment is considered on the basis of the stadial analysis. The results of the detail investigations of geological conditions and new formed minerals in drainage systems in Kyiv are represented. The descriptions of modern sediments in drainage adit systems within the limits of Dnieper Right Slope in Kyiv have been given. Typification of modern sediments of drainage systems have been developed, regularities of their distribution and condition of formation have been determined. Lithogenesis model of tekhnogenic-geological system is developed.

Keywords: tekhnogenic-geological system, underground workings deposits, lithogenesis in underground environment.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение процессов современного литогенеза, протекающих, в частности, в подземном пространстве, остается актуальным направлением геологических исследований. Для регулирования естественного развития склоновых процессов в условиях расчлененного рельефа городской застройки, наряду с другими мерами, применяются гидротехнические сооружения для перехвата поверхностных и подземных вод. Дренажные штольневые системы (ДШС) действуют на Южном берегу Крыма, в Киеве, Одессе, Черновцах, Нижнем Новгороде, Томске, Уфе и других городах. В подземном пространстве искусственных полостей физически моделируются процессы, происходящие в природных обстановках.

Гидрогеологические, литологические, минералогические особенности спелеолитогенеза [4] — образования и последующего преобразования осадков в горные породы в пещерах освещены в работах Г.А. Максимовича [4], В.Н. Дублянского [2], А.Б. Климчука [12], Р.А. Цыкина

[10, 11] и др. Отложения пещер Д.В. Наливкин одним из первых относил к серии “карстовая область и пещера” формации “материк” [6]. В искусственных полостях объектом исследования чаще всего становились минералогические характеристики новообразований [1, 3, 5, 7].

Анализ литературных данных свидетельствует о недостаточном внимании к изучению особенностей литогенеза в подземных выработках техногенного происхождения, имеющих большое значение для характеристики гумидного континентального литогенеза в природных полостях.

Целью данной работы является обоснование модели литогенеза на основании структурирования техногенно-геологической системы (ТГС), установления способов аккумуляции новообразований, закономерностей их пространственного распределения и физико-химических условий литогенеза в ТГС подземных выработок; определение источников, форм и путей поступления осадкообразующего вещества.

РАЙОН РАБОТ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использован фактический материал, полученный по результатам обследования более 30 выработок ДШС протяженностью от 200 до 2000 м на территории г. Киев. Проанализированы химические и гидродинамические параметры подземных и дренажных вод, установлены морфологические особенности, гранулометрический, минеральный, элементный состав новообразований, полученные в результате комплексного исследования отложений, проведенных на уровне макро- и микронаблюдений с использованием гранулометрического, спектрального, химического, рентгеноструктурного, изотопного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Современный литогенез в геологической среде урбанизированных территорий, в частности в ДШС — это совокупность процессов мобилизации, переноса, накопления и последующих преобразований природных и техногенных компонентов. Условия осадконакопления в полостях техногенного происхождения отличаются от условий в пещерах наложением техногенных воздействий.

Искусственные полости, взаимосвязанные с поверхностными условиями циркуляцией подземных вод, воздушных масс и регуляцией дренажа, мы рассматриваем как ТГС, опосредовано отображающие развитие техногенно стимулированных природных процессов. Для создания модели литогенеза были выделены иерархические элементы и структуры системы, определены связи между ними. Элементы системы характеризуются свойствами, определяющими характер функционирования системы.

Структура техногенно-геологической системы. В ТГС нами выделяются природный, природно-техногенный и техногенный компоненты. Природная составляющая системы — геологическая среда, свойства которой обусловлены литологическим составом слагающих ее пород, характеристиками подземных и поверхностных вод, рельефом поверхности. Дренажные выработки, перехватывающие подземные воды первого и второго от поверхности водоносных комплексов, расположены в части геологического разреза, представленной эоцен-олигоценными отложениями обуховской (P_2ob), межигорской ($P_3mž$), берецкой (P_3br) свит, миоцен-плио-

ценовыми образованиями новопетровской (N_1np) свиты, пестрыми ($N_{1-2}sg$) и красно-бурими ($N_2čb$) глинами и отложениями четвертичного возраста — эоплейстоценовыми (Е), неоплейстоценовыми (Р) и голоценовыми (Н).

В составе мергелей киевской свиты установлены карбонатные минералы, кварц, глауконит, слюда. Алевриты обуховской свиты содержат кварц, слюду, глауконит, полевой шпат. Пески, супеси берецкой и межигорской свит содержат кварц и глауконит. Бурые и пестрые глины сложены каолинитом, монтмориллонитом, гидрослюдой. Минеральный состав супесей, суглинков лессового комплекса представлен кварцем, полевым шпатом, кальцитом.

Бурые и пестрые глины являются водоупором для водоносных комплексов над- и подморенных золово-делювиальных отложений, глины, мергели киевской свиты — для водоносного горизонта в олигоценых и миоценовых отложениях.

По химическому составу воды первого водоносного горизонта гидрокарбонатные кальциевые, реже гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридно-сульфатные кальциево-магниевые и кальциево-натриевые с минерализацией до 1 г/дм³, рН 6,7–7,7. Воды второго водоносного горизонта хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриево-магниевые с минерализацией 0,3–1,6 г/дм³, рН 7,6–8,0.

Горные породы, подземные и поверхностные воды в пределах геологической среды отнесены к элементам ТГС высшего порядка. Образцы вмещающих пород и подземных вод — к элементам низшего порядка.

Природно-техногенная составляющая системы — отложения дренажных выработок, отнесены нами к элементам высшего порядка. Образцы указанных отложений отнесены к элементам низшего порядка.

Элементы низшего порядка охарактеризованы количественно и качественно путем установления их минерального, элементного и гранулометрического состава.

Техногенная часть системы (выработки ДШС) состоит из горизонтальных (галереи, штольни) и вертикальных (колодцы) участков, характеризуется морфометрическими параметрами (площадь и форма сечения, протяженность), глубиной заложения, временем создания. По конструктивным особенностям выработки длиной 250–2200 м, высотой 1,65–1,85 м, с пло-

Условия среды ТГС	Выработки, дренирующие водоносный горизонт в четвертичных отложениях	Способ аккумуляции вещества	Выработки, дренирующие водоносный горизонт в олигоценых отложениях
Субаэральные	Сталактиты плотные (трубчатые, конические, гребешки) Сталагмиты плотные Покровы плотные	Хемотропный Механо-хемотропный Механогенный Биохемотропный	Сталактиты неконсолидированные (трубчатые, конические, гребешки) Сталагмиты неконсолидированные (пустотелые) Покровы неконсолидированные
Переходные	Микрогуры плотные		Микрогуры неконсолидированные
Субаквальные	Оолиты Пленки, корки, коры, конулиты Гуры плотные Коры консолидированные Забереги оторочки Кристаллики водоемов		Хемотропный

Рис. 1. Морфогенетическая типизация отложений подземных выработок

щадью сечения 3 м² делятся на глубокие дренажные прорезы с водосборными галереями, облицованными кирпичом, в которых устроены отверстия для поступления воды, штольневые дренажи с поперечным сечением трапециевидной формы с дренажными колодцами, галереи, пройденные щитовым способом.

В ДШС происходит осадконакопление мобилизованного в ходе литогенеза вещества. По условиям среды выделены субаэральные, переходные и субаквальные типы отложений (рис. 1). По способу аккумуляции вещества установлены хемотропные, механо-хемотропные, биохемотропные, механогенные образования.

В изученных современных отложениях ТГС ДШС выделены аутигенная и аллотигенная составляющие, формирование которых контролируется проницаемостью перекрывающих и вмещающих литологических комплексов, химическим составом и гидродинамическими характеристиками подземных вод, специфическим микроклиматом выработок и климатическими условиями. Аутигенная составляющая имеет преимущественно природное происхождение, аллотигенная — природно-техногенное и техногенное происхождение.

Аутигенные образования формируются из дренажных вод. Они локализуются на сводах, стенах и дне выработок. Среди отложений выработок установлены морфологические разновидности, характерные для карстовых пещер:

сталактиты, сталагмиты, покровы, кораллоиды, гуры, микрогуры, оолиты (“пещерный жемчуг”), пленки, конулиты [9].

Установлены сквозные типы образований (сталактиты, сталагмиты), образующиеся в зонах равномерной фильтрации. Определено, что оолиты — седиментационно-диагенетические образования, формирующиеся в гидродинамически активной среде. Установлены также образования, отличающиеся локальностью распространения. Это пленки, выцветы — сезонные образования, чувствительные к минерализации дренажных вод; конулиты, забереги — чувствительные к колебаниям уровней водоемов.

Установлено, что аутигенные образования сложены кальцитом и магнезиально-марганцево-железистым кальцитом (сталактиты, покровы, пленки, оолиты), арагонитом (оолиты) и галитом (выцветы) в выработках, дренирующих четвертичный водоносный горизонт. В составе неконсолидированных хемотропных образований определен кальцит (покровы, сталактиты), гидроксиды железа — FeO(OH), Fe(OH)₃, FeO·Fe₂O₃·nH₂O (сталактиты, покровы, сталагмиты), гипс (неконсолидированные покровы) в выработках, дренирующих олигоценый водоносный горизонт.

Аллотигенные образования локализуются преимущественно на дне выработок. Преобладает механическое и гидромеханическое по-

ступление их вещества в подземные выработки. Длительность и периодичность поступления аллотигенных компонентов отличается неравномерностью из-за преобладания техногенно-природной их составляющей над природной.

Аллотигенные образования по гранулометрическому составу являются смешанными алеврито-пелитовыми и пелито-алевритовыми. Пелито-алевритовые содержат частиц 0,1–0,25 мм от 10 до 30%. По минеральному и химическому составам выделено три основных типа образований: ферриоксидный, кварцевый, полевошпато-кварцевый. Более контрастное разделение в ДШС вещества аллотигенных образований по минеральному и химическому составам свидетельствует о преобладании химической дифференциации над механической.

Для уточнения источников карбонатного вещества сравнивались изотопные соотношения кислорода $\delta^{18}\text{O}$ из кальцитов вмещающих пород и новообразований. В результате установлены их близкие значения ($\delta^{18}\text{O} + 23,28 \approx +25,35\text{‰}$ во вмещающих породах и $\delta^{18}\text{O} + 23,61 \approx +25,43\text{‰}$ SМOW в новообразованиях).

Соотношение изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ из карбонатов вмещающих пород (стяжения в подморенных супесях, суглинках, бурых и пестрых глинах из скважины в интервале 18–30 м) установлено в достаточно узком диапазоне — в пределах $-8,78 \approx -9,98\text{‰}$. Соотношение изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ из кальцита (использовались фрагменты новообразований разных морфологических типов — сталактитов, гуров, пленок, корок, конулитов, оолитов, неконсолидированных покровов) установлены в диапазоне от $-4,73$ до $-10,95\text{‰}$ PDB. Указанные вариации изотопного состава новообразований по сравнению с таковыми во вмещающих породами — следствие их фракционирования в разных природных процессах.

Принимая литогенез по Н.М. Страхову, как последовательность стадий: мобилизации вещества, переноса к месту осадконакопления, осадконакопления и диагенеза, нами были установлены особенности литогенеза в ТГС ДШС [8]. На основании разработанной морфогенетической типизации новообразованных отложений ДШС, определении их вещественного состава и особенностей распространения, процессов

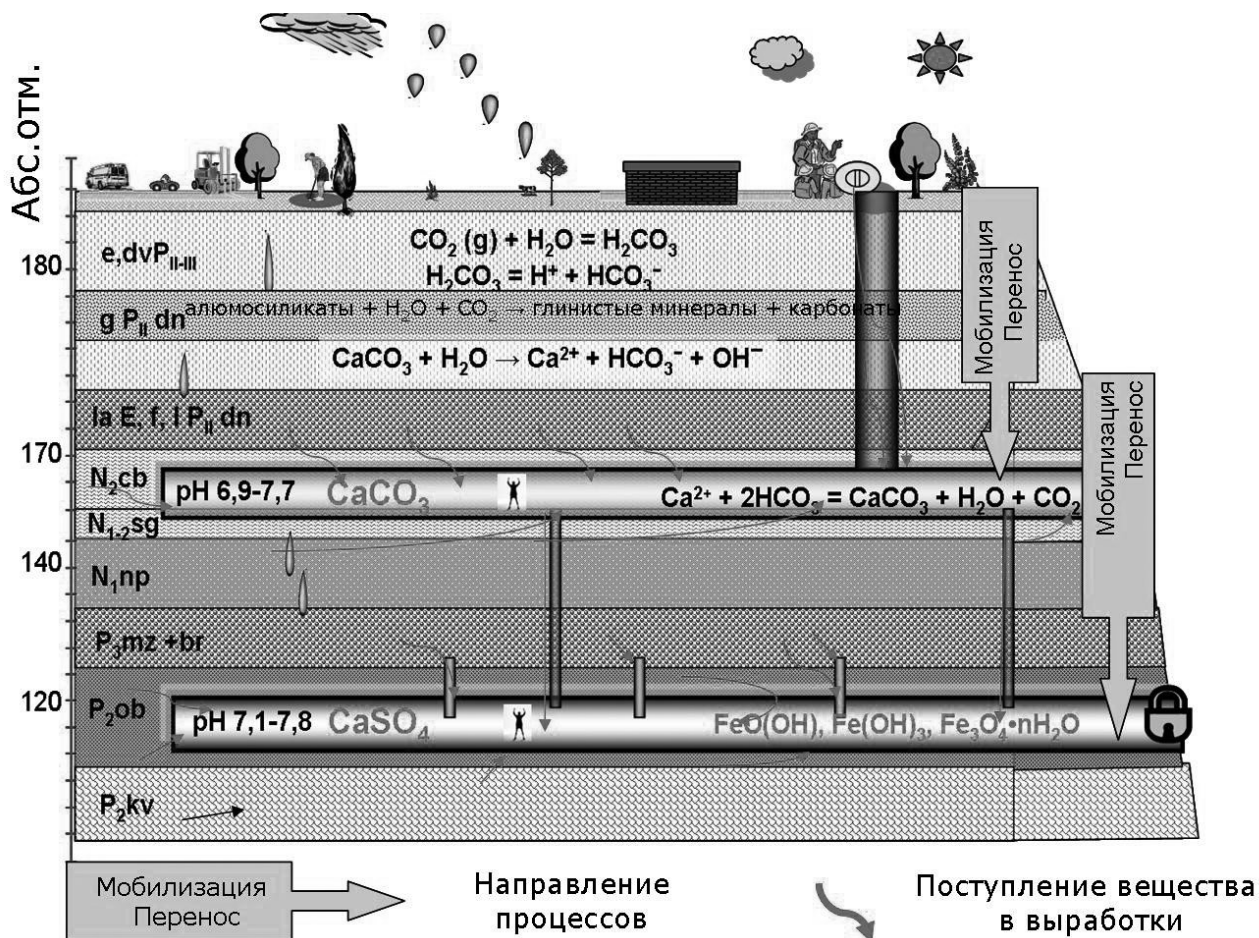


Рис. 2 Модель литогенеза в ТГС ДШС

и факторов литогенеза в техногенно-геологической системе выработок ДШС обоснована модель литогенеза в подземной среде урбанизированных территорий (рис. 2).

Вещество аутигенных отложений мобилизуется в результате подземного выветривания при взаимодействии подземных вод с вмещающими породами и переносится в растворенном состоянии. Вещество аллотигенных отложений мобилизуется поступлением пелитового и псаммитового материала из вмещающих пород, переносится и откладывается дренажными водами в пределах водотоков. Осаждение вещества происходит механогенным, хемогенным, механо-хемогенным, биохемогенным способом.

ВЫВОДЫ

1. Выделены иерархические элементы и структуры системы, определены связи между структурами системы. Природная составляющая системы — геологическая среда, представленная 1) горными породами, подземными и поверхностными водами (элементы высшего порядка), и 2) образцами вмещающих пород, подземных вод (элементы низшего порядка). Природно-техногенная составляющая системы представлена 1) дренажными водами, отложениями дренажных выработок (элементы высшего порядка) и 2) образцами дренажных вод и отложений (элементы низшего порядка). Техногенная составляющая — это подземные дренажные выработки.

2. Установлен комплекс критериев и на их основе разработана морфогенетическая типизация отложений подземных полостей дренажных выработок. Выделены субазральные, субаквальные формы (по условиям среды) и хемогенные, механо-хемогенные, биохемогенные (по способу аккумуляции вещества). Определен кальцитовый, магниезально-марганцевисто-железистый кальцитовый составы для большинства консолидированных хемогенных образований; в составе неконсолидированных хемогенных образований установлен гипс. В составе механо-хемогенных образований определены кварц, микроклин, альбит, гидрослюда, гипс, кальцит. Выявлены особенности распространения разных типов отложений, условия их образования.

1. *Войтеховский Ю.Л., Красоткин И.С., Лесков А.Л.* Техногенные сталактиты ловчорритовой и сфеновой обогатительных фабрик горно-химического треста «Апатит» // Минералогия во всем пространстве сего слова: Тр. I Ферсмановской научн. сес. Кол. отд-ния Рос. минерал. о-ва, посвященной 120-летию со дня рождения А. Е. Ферсмана и А. Н. Лабунцова / Под ред. Ю. Л. Войтеховского. Апатиты: Изд-во «К & М», 2004. — Ч. 1. — С. 95–98.
2. *Дублянский В.Н., Полканов Ю.А.* Отложения карстовых полостей Крыма // Минералогия осадочных образований. — Киев, 1974. — № 1. — С. 83–93.
3. *Кадебская О.И., Потапов С.С.* Техногенные натечные образования в Кунгурской ледяной пещере // Минералогия техногенеза-2006 / Под ред. С. С. Потапова. — Миасс, 2006. — С. 22–31.
4. *Максимович Г.А.* Генетический ряд натечных отложений пещер (карбонатный спелеолитогенез) // Пещеры. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1965. — Вып. 5 (6). — С. 3–22.
5. *Максимович Н.Г., Бельтюков Г.В.* Соляные натечные образования горных выработок // Пещеры. — Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1976. — Вып. 16. — С. 24–33.
6. *Наливкин Д.В.* Учение о фациях. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. — Т. 2. — 393с.
7. *Потапов С.С., Паршина Н.В., Максимович и др.* Натечные техногенные минеральные образования (сталактиты и коры) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. — Пермь, 2005. — Вып. 8. — С. 237–250.
8. *Селівачова У.М.* Особливості літогенезу в техногенно-геологічній системі підземних виробок (на прикладі дренажних штолен м. Києва) // Зб. наук. пр. ІГН НАН України. — К., 2009. — Вип. 2. — С. 127–134.
9. *Селівачова У.М.* Типізація мінеральних новоутворень дренажних штольневих систем м. Києва // Зб. наук. пр. ІГН НАН України: Сучасні проблеми літології і мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій. — К., 2008. — С. 165–172.
10. *Цыкин Р.А.* Обстановки осадконакопления карстовой фациальной области // Обстановки осадконакопления и их эволюция. — М.: Наука, 1984. — 256 с.
11. *Цыкин Р.А.* Отложения и полезные ископаемые карста. — Новосибирск: Наука, 1985. — С. 47–53.
12. *Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N., Dreybrodt W., eds.* Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers — Huntsville: Nat. Speleol. Soc., 2000. — 527 p.

Институт геологических наук НАН Украины, Киев

Рецензент — канд. геол.-минерал. наук С.Б. Шехунова