

УДК 504.42:(551.352:631.44)

© 2012

В. О. Ємельянов, Л. А. Прохорова

Інженерно-геологічні аспекти вивчення морських геолого-екологічних систем

(Представлено членом-кореспондентом НАН України О. Ю. Митропольським)

Висвітлюються деякі підходи до вивчення геолого-екологічних систем донних відкладів морів і океанів з урахуванням інженерно-геологічних аспектів. Вперше нами представлена загальна класифікація цих систем, яка побудована на підставі аналізу та врахування геологічних та інженерно-геологічних відмінностей різних просторових складових глобальної геолого-екологічної системи донних відкладів Світового океану. Кожний з виділених у класифікації таксонів може бути представлений певною формулою, що дозволяє при морських геолого-екологічних дослідженнях, зокрема районуванні та диференціації геолого-екологічних систем донних відкладів, ефективно використовувати сучасну обчислювальну техніку, що є дуже важливим при обробці значних об'ємів геолого-екологічної інформації.

Об'єктом нашого дослідження є морська геолого-екологічна система (МГЕС), тобто один з трьох основних об'єктів морської геоecології — синтетичного наукового напрямку, пов'язаного як з розвитком методології різних напрямів геологічної та екологічної наук, так і практичними потребами суспільства. Серед останніх насамперед можна назвати необхідність запобігання негативним наслідкам, прецеденти яких виникають внаслідок людської діяльності, спрямованої на освоєння мінерально-сировинних, енергетичних, харчових, рекреаційних та інших ресурсів природної геоекосистеми Світового океану [1]. При цьому певні ділянки МГЕС примусово беруть участь у взаємодіях та функціонуванні техногенних систем, які здійснюються за різних геоекологічних умов. В результаті формуються нові в основному природно-техногенні, геолого-екологічні системи (гідротехнічні, транспортні, комунікаційні, марікультурні тощо). Таким чином, цей об'єкт дослідження морської геоecології стає близьким до об'єкта морської інженерної геології [2].

Геоекологічні умови (в їх широкому розумінні) є складною природною об'єктивною реальністю, сформуваною в певний геолого-історичний період, що змінюється в часі й просторі та оцінюється експертами за системою певних показників (характеристик, параметрів тощо), які відповідають тим завданням, розв'язання яких забезпечує досягнення конкретної, поставленої перед людиною або людським суспільством, мети і для її втілення необхідна взаємодія з МГЕС.

Відзначимо, що з геоекологічних позицій головною функцією МГЕС є забезпечення існування, функціонування та розвитку біоти, в тому числі людини, в геоекосистемі нашої планети взагалі та в її субсистемі, що обмежена сучасним простором Світового океану і МГЕС, зокрема. Реалізується зазначена функція через дві основні групи функцій — групу інфункцій (або внутрішніх функцій) і групу епифункцій (або зовнішніх функцій). Вказані групи функцій щільно пов'язані між собою, але зумовлюють, головним чином, як внутрішні, так зовнішні функції МГЕС та її компонентів-субсистем [1].

Серед епифункцій МГЕС виділяються більш вузькі, спеціалізовані підгрупи функцій, зокрема епіресурсна, епігеодинамічна, епігеофізична, епігеохімічна, епібіологічна, інженер-

но-геологічна, медико-санітарна тощо. Кожна з цих функцій діє в певних геоecологічних умовах, що є результатом спільного впливу ресурсних, геоморфологічних, геодинамічних, геохімічних, гідрофізичних, біологічних і, нарешті, інженерно-геологічних умов. Зазначені умови складають відповідні блоки-субсистеми інформаційної системи “геоecологічні умови Світового океану” та її регіональних субсистем. При цьому саме інженерно-геологічні умови як складова геоecологічних умов, взагалі, і геолого-екологічних умов, зокрема, багато в чому визначають епіфункції МГЕС, насамперед інженерно-геологічну, особливості їх різноманітних параметрів і характеристик.

Отже, саме блок “інженерно-геологічні умови” як складова інформаційної системи “геоecологічні умови Світового океану” має в першу чергу враховуватися при прогнозуванні реакції МГЕС на різноманітні антропогенні (техногенні) впливи, включаючи як впливи інженерних споруд, комунікацій і механізмів при їх взаємодії з МГЕС, так і зворотні впливи МГЕС на техногенні об’єкти. Людина здатна не тільки регулювати ці впливи, а й керувати ними, але тільки за умов вірного розуміння та врахування емерджентного інформаційного продукту всієї інформаційної системи “геоecологічні умови Світового океану”, який акумулює дані основних складових цієї системи і враховує їх синергетику. Для цього необхідно знати умови (геотектонічні, геоморфологічні, гідрофізичні тощо) формування МГЕС, її компонентний склад і структуру, інженерно-геологічні властивості тощо. Тобто все те, що входить до поняття “інженерно-геологічні аспекти” геоecологічних умов МГЕС.

Саме дослідження інженерно-геологічних аспектів геоecологічних умов формування та функціонування МГЕС різних морів і океанів дало змогу розробити їх класифікацію (табл. 1).

Представлена класифікація розроблена на підставі аналізу великого об’єму даних, накопичених в результаті понад 35 років досліджень особливостей та закономірностей океанського та морського седиментогенезу, речовинного складу, структури та інженерно-геологічних властивостей різноманітних морських донних відкладів. При виділенні певних таксонів МГЕС брали до уваги відмінності різних просторових складових-субсистем глобальної геолого-екологічної системи донних відкладів Світового океану за: типами зв’язків між їх твердими компонентами, основними процесами походження, показниками інженерно-геологічних властивостей, складом основних типоморфних літологічних і/або штучних компонентів, інших осадкоутворювальних складових, а також за характерними структурними ознаками та вмістом газового компонента. При розробці класифікації враховувався також досвід систематизації гірських порід і ґрунтів, зокрема різноманітних інженерно-геологічних класифікацій, які розроблялися різними авторами як для ґрунтів суходолу, так і для донних ґрунтів Світового океану [3–8]. Зауважимо, що існуючі класифікації, як правило, не враховують системну сутність ґрунтів, особливості ґрунтів субаквальних, не кажучи вже про специфіку геолого-екологічних систем донних відкладів, які формувалися і формуються за унікальних умов і процесів морського і океанського геоecогенезу. Тому вказані класифікації практично неможливо задіяти для вирішення інженерно-геологічних аспектів геоecологічних задач. Зокрема, їх не можна ефективно використовувати при регіональному вивченні інженерно-геологічних особливостей морського та океанського дна як складової геоecологічних умов. Але саме ці умови забезпечили значний розвиток на дні океанів і морів тонкодисперсних слабоущільнених водонасичених геолого-екологічних систем донних осадків, щільність яких ненабагато перевищує щільність суміжної акваекосистеми, а пористість та об’ємна волога часто коливаються в межах від 80 до 90% [9]. При великій різноманітності речовинно-генетичних типів геолого-екологічних систем донних відкладів

Таблиця 1. Класифікація морських геолого-екологічних систем

Група (за типом зв'язків між твердими компонентами МГЕС)	Підгрупа (за показ- никами механічних властивостей МГЕС)	Генетичні типи (за основним процесом і походженням твердих компонентів)	Генетичні підтипи (за різновидами основних процесів і джерел походження твердих компонентів)	Види (за типоморфними літологіч- ними і/або штучними компо- нентами, а також вмістом основних осадкоутворю- вальних складових)	Різновиди	
					за характерними структурою і/або текстурою та іншими ознаками	за вмістом газового компонента
1	2	3	4	5	6	7
Клас I. Стійки МГЕС (практично не змінюються при фізичних впливах нижче критичного значення)						
А. Скельна (з переважно кристалізацій- ними й міцними цементаційними зв'язками між твердими компонентами)	1. Високоміцна (* $R_{ст}$ понад 400 МПа)	I. Магматогенний	1. Интрузивний 2. Ефузивний	а. Гранітовий; діоритовий; б. Габро тощо в. Андезитовий; г. Базальтовий; д. Туфовий; е. Порфіровий; ж. Туфобрекчіївий	А. Масивний Б. Сланцевий, гнейсовий (смугастий)	1. Слабко- газонасичений ($G_{газ} < 1 \text{ см}^3/\text{кг}$)
		II. Метаморфогенний	1. Регіонально- метаморфізований 2. Контактво- метаморфізований	а. Гнейсовий; б. Кварцитовий; в. Кристалічно-сланцевий тощо а. Роговиковий тощо		
	2. Міцна ($R_{ст}$ 400– 50 МПа)	III. Осадочний	3. Динамомета- морфізований, перекристалізований	а. Тектонічно-брекчіївий тощо б. Мармуризований тощо	В. Щільний монолітний	2. Середньо- газонасичений ($G_{газ} 1,0–10 \text{ см}^3/\text{кг}$)
		IV. Штучний	1. Перетворений природний 2. Техногенний	а. Сформований з будь-яких природних матеріалів (мармури, пісковики тощо) а. Сформований з будь-яких техногенних матеріалів		
Б. Напівскельна (з переважно цементаційними зв'язками між твердими компонентами)	3. Середньо- міцна ($R_{ст}$ 50– 2,5 МПа)	I. Осадочний теригенний	1. Алювіальний 2. Морський 3. Еоловий	а. Конгломератовий; б. Брекчіївий; в. Пісковиковий; г. Туфітовий; д. Алевролітовий; е. Аргілітовий тощо а. Радіоларитовий; б. Діагомітовий; в. Доломітовий; г. Вапняковий; д. Мергельний	Г. Щільний шаруватий Д. Безладний	3. Сильно- газонасичений ($G_{газ} > 10 \text{ см}^3/\text{кг}$)
		II. Осадочний біохомогенний				

Таблиця 1. Продовження

1	2	3	4	5	6	7
	4. Низько-міцна ($R_{ст}$ 2,5–0,5 МПа)	III. Осадовий гідрогенний IV. Штучний	4. Змішаний 1. Перетворений природний 2. Техногенний	а. Залізомарганцевий тощо а. Сформований з будь-яких природних матеріалів (мармури, пісковики тощо) а. Сформований з будь-яких техногенних матеріалів		
Клас II. Відносно стійки МГЕС (слабко змінюються при фізичних впливах або/та змінах умов навколишнього середовища, нижче критичних)						
А. Пухка (з переважно механічними зв'язками між твердими компонентами)	1. Відносно міцна (** $\rho > 30^\circ$)	I. Осадовий теригенний II. Осадовий біогенний	1. Кварцовий; 2. Кварцово-польовошпатовий; 3. Польовошпатово-кварцовий 1. Черепашковий; 2. Черепашково-детритовий; 3. Детритовий тощо	а. Безкарбонатний (***) $Ca_2CO_3 < 10\%$ б. Слабкокарбонатний (Ca_2CO_3 10–30%)	А. Великоуламковий (кам'яний, валунний) Б. Уламковий (щебеневий, гальковий)	1. Слабкогазонасичені (***) $G_{газ} < 1 \text{ см}^3/\text{кг}$
	2. Відносно слабка ($\rho < 30^\circ$)	III. Осадовий гетерогенний	1. Черепашково-детритово-кварцовий; 2. Детритово-черепашково-кварцовий; 3. Детритово-кварцовий; 4. Детритово-польовошпатовий; 5. Детритово-кварцово-польовошпатовий тощо	в. Безкременистий (***) $SiO_2 \text{ аморф} < 3\%$ г. Слабкокременистий ($SiO_2 \text{ аморф}$ 3–10%)	В. Дрібноуламковий (жорствяний, гравійний) Г. Піщаний	2. Середньогазонасичені ($G_{газ}$ 1,0–10 $\text{см}^3/\text{кг}$)

Таблиця 1. Продовження

1	2	3	4	5	6	7	
Б. М'яка (з переважно близькими коагуляційними зв'язками між твердими компонентами)	1. Тугопластична (**С 50–20 кПа)	I. Перетворений природний	1. Сформований з будь-яких гірських порід або осадків		Д. Піщано-алевритовий		
		II. Техногенний	1. Сформований з будь-яких техногенних матеріалів	д. Карбонатний (Ca ₂ CO ₃ 30–50%)	Е. Алевритовий	3. Сильногазонасичені (G _{газ} > 10 см ³ /кг)	
		III. Осадочний теригенний	1. Кварц-каолінт-монтморилонітовий; 2. Кварц-каолінт-гідрослюдистий; 3. Польовошпат-каолінт-гідрослюдистий; 4. Польовошпат-монтморилоніт-гідрослюдистий	е. Кременистий (SiO ₂ аморф 10–20%)	Ж. Глинисто-алевритовий		
	2. М'якопластична (С 20–10 кПа)	IV. Осадочний біогенний	1. Коколітовий, 2. Діатомовий; 3. Радіолярієвий; 4. Сапропелевий; 5. Сапропелеподібний тощо		ж. Сильнокарбонатний (Ca ₂ CO ₃ > 50%)	З. Алевритово-глинистий;	
		V. Осадочний гетерогенний	1. Коколітово-каолінітовий; 2. Коколітово-монтморилонітовий; 3. Діатомово-монтморилонітовий; 4. Радіолярієво-монтморилонітовий	з. Сильнокремнистий (SiO ₂ аморф > 20%)	І. Глинисто-алевритовий	4. З включенням газогідратів	
		VI. Гальміролігений	Будь-який із зв'язаних осадочних ГЕС, перетворених під впливом процесів гальміролізу	и. Змішаний карбонатно-кременистий	К. Глинистий тощо		

Таблиця 1. Продовження

1	2	3	4	5	6	7
Клас III. Нестійки МГЕС (піддаються інтенсивним змінам аж до повного руйнування при фізичних впливах або/та змінах умов навколишнього середовища, нижче критичних)						
A. Слабка (з переважно далекими коагуляційними зв'язками між твердими компонентами)	1. Плинно-пластична (C 10–5 кПа)	I. Осадовий теригенний	1. Кварц-каолініт-монтморилонітовий; 2. Кварц-каолініт-гідрослюдистий; 3. Польовошпат-каолініт-гідрослюдистий; 4. Польовошпат-гідрослюдистий тощо	а. Безкарбонатний ($Ca_2CO_3 < 10\%$) б. Безкременистий ($SiO_2_{аморф} < 3\%$ ****)	A. Муловий алевритово-пелітовий	1. Слабкогазонасичені ($G_{газ} < 1 \text{ см}^3/\text{кг}$)
	2. В'язко-плинна (C 5–1 кПа)	II. Осадовий біогенний	1. Коколітовий; 2. Діатомовий; 3. Радіолярієвий; 4. Сапропелевий тощо	а. Карбонатний (Ca_2CO_3 30–50%) б. Сильнокарбонатний ($Ca_2CO_3 > 50\%$) в. Кременистий ($SiO_2_{аморф}$ 10–20%) г. Сильнокременистий ($SiO_2_{аморф} > 20\%$) д. Органомінеральний ($C_{орг} > 3\%$)	Б. Муловий пелітовий	2. Середньогазонасичені ($G_{газ}$ 1,0–10 $\text{см}^3/\text{кг}$)
	3. Рідко-плинна ($C < 1$ кПа)	III. Осадовий гетерогенний	1. Коколітово-каолінітовий; 2. Коколітово-монтморилонітовий; 3. Діатомово-монтморилонітовий; 4. Радіолярієво-монтморилонітовий; 5. Сапропелеподібний тощо	а. Слабкокарбонатний (Ca_2CO_3 10–30%) б. Слабкокременістий ($SiO_2_{аморф}$ 5–10%) в. Змішаний (Ca_2CO_3 10–30% $SiO_2_{аморф}$ 5–10%) $C_{орг}$ 3–5%	В. Муловий глинистий тощо	3. Сильногазонасичені ($G_{газ} > 10 \text{ см}^3/\text{кг}$) 4. З включенням газогідратів

* $R_{ст}$ — межа міцності на стиск; ** ρ — кут внутрішнього тертя; *** C — опір обертальному зрізу; **** Ca_2CO_3 — вміст карбонату кальцію; ***** $C_{орг}$ — вміст органічного вуглецю; ***** $SiO_2_{аморф}$ — вміст аморфного діоксиду кремнію; ***** $G_{газ}$ — об'єм газу в одиниці маси МГЕС.

їх, згідно з представленою класифікацією, переважно віднесено до класу нестійких МГЕС, групи слабких дисперсно-колоїдних утворень, які за консистенцією входять до підгрупи плиннопластичних в'язкоплинних або рідинноплинних МГЕС.

Зазначимо, що кожний з виділених і представлених в табл. 1 таксонів МГЕС може бути виражений власною формулою. Наприклад, "ІБ2В1гЖЗ", що означає — "МГЕС відносно стійка, м'яка, м'якопластична, осадово-теригенна, кварц-каолінит-монтморилонітова, слабкокремениста, глинисто-алевритова, сильно газонасичена". Це дає змогу при диференціації МГЕС ефективно використовувати сучасну обчислювальну техніку, що є важливим при обробці значних об'ємів геолого-екологічної інформації.

Незважаючи на те що диференціація МГЕС донних осадків морів і океанів за показниками, наведеними в табл. 1, не є досконалою і потребує певного доопрацювання, представлена класифікація вже сьогодні може бути основою для ґрунтової диференціації та стратифікації морських геолого-екологічних систем.

1. Емельянов В. А. Основы морской геоэкологии. Теоретико-методологические аспекты. – Киев: Наук. думка, 2003. – 238 с.
2. Розовский Л. Б. О новом направлении в инженерной геологии – морской инженерной геологии // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1972. – С. 137–142.
3. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. – Ленинград: Недра, 1984. – 511 с.
4. Осипов В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 232 с.
5. Саваренский Ф. П. Инженерная геология. – Ленинград; Москва: ГОНТИ, 1937. – 422 с.
6. Неизвестнов Я. В. Общая инженерно-геологическая классификация донных грунтов океана // Методы изучения физико-механических свойств донных отложений Мирового океана. – Ленинград: ПГО "Севморгеология", 1989. – С. 47–58.
7. Сергеев Е. М. Инженерная геология. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 384 с.
8. ДСТУ Б В. 2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Ґрунти. Класифікація. Міждержавна науково-технічна комісія з стандартизації і технічного нормування в будівництві, 1995.
9. Бабинец А. Е., Митропольский А. Ю., Емельянов В. А. и др. Физико-механические свойства донных отложений Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1981. – 203 с.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ

Надійшло до редакції 30.08.2011

В. А. Емельянов, Л. А. Прохорова

Инженерно-геологические аспекты изучения морских геолого-экологических систем

Освещаются некоторые подходы к изучению геолого-экологических систем донных отложений морей и океанов с учетом инженерно-геологических аспектов. Впервые нами представлена общая классификация указанных систем, построенная на основе анализа и учета геологических и инженерно-геологических различий отдельных пространственных составляющих глобальной геолого-экологической системы донных отложений Мирового океана. Каждый из выделенных в классификации таксонов может быть представлен определенной формулой, позволяющей при морских геолого-экологических исследованиях, в частности районировании и дифференциации геолого-экологических систем донных отложений, эффективно использовать современную вычислительную технику, что очень важно при обработке значительных объемов геолого-экологической информации.

V. A. Emelyanov, L. A. Prokhorova

Engineering-geological aspects of the study of marine geoecosystems

We highlight some approaches to the study of the geoecosystems of bottom sediments and soils of seas and oceans taking engineering-geological aspects into account. For the first time, the classification of the geological-ecological systems of bottom sediments and soils of seas and oceans is presented. The classification is based on the analysis of geological and engineering-geological differences of various spatial components of the global geological-ecological system of bottom sediments of the World Ocean. Each of the selected taxa in the classification can be represented by its own formula, which allows one to effectively use the modern computer technology, which is very important when processing large volumes of geological-environmental information in marine geological-environmental studies, including the zoning and the differentiation of geological-ecological systems of bottom sediments and soils.