

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ І РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ВІДКЛАДІВ ЧЕТВЕРТИННОГО ПЕРІОДУ РОЗВИТКУ ЗЕМЛІ ЯК МАЙБУТНІХ ДЖЕРЕЛ ВУГЛЕВОДНІВ**STRUCTURAL AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF FORMATION AND DISTRIBUTION OF CARBONACEOUS DEPOSITS OF THE QUATERNARY PERIOD OF THE EARTH'S DEVELOPMENT AS FUTURE SOURCES OF HYDROCARBONS**

С. О. Мачуліна
Svitlana O. Machulina

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara Str., Kyiv, Ukraine, 01601
(kievgeosv@ukr.net)

Осадки, збагачені органічною речовиною, поширені на різних стратиграфічних рівнях фанерозою. В даний час вони розглядаються дослідниками як такі, що при певних геолого-термобаричних умовах можуть стати нафтогенеруючими. У даній статті розглядаються структурно-геологічні умови накопичення і поширення на планеті вуглецевих осадків четвертинного періоду на основі систематизації та аналізу фактичного матеріалу по їх поширенню в різних регіонах світу. У таблиці наведені геологічна і геохімічна характеристики плейстоценових і голоценових (сучасних) вуглецевих осадків. У четвертинному періоді збагачені органічною речовиною осадки накопичувалися і продовжують накопичуватися в різноманітних структурно-геологічних умовах і геохімічних режимах морських басейнів (Чорному, Середземному, Балтійському, фіордах Норвегії і Данії), переважаючи в периферійній зоні Світового океану (зонах апвелінгу континентального шельфу, континентальних схилів, глибоководних улоговин) і на континентах у внутрішніх відокремлених і напівзамкнених морських водоймах. Зроблено висновок, що збагачені органічною речовиною сучасні аквагенні осадки можуть стати в майбутньому джерелами вуглеводнів і перспективними об'єктами зі значними запасами нафти і газу.

Ключові слова: органічна речовина, сучасні вуглецеві осадки, структурно-геологічні умови, апвелінг.

Organic-enriched sediments are common at various stratigraphic levels of the Phanerozoic. They are currently considered by researchers to have oil-generating potential under certain geological and thermobaric conditions. This paper discusses the structural and geological conditions of accumulation and distribution of Quaternary carbonaceous sediments on the planet, based on the systematisation and analysis of actual data on their distribution in different regions of the world. The table shows the geological and geochemical characteristics of Pleistocene and Holocene (modern) carbonaceous sediments. During the Quaternary, organic-rich sediments accumulated and continue to accumulate in different structural and geological conditions and geochemical regimes of sea basins (Black Sea, Mediterranean Sea, Baltic Sea, Norwegian and Danish Fjords), predominantly in the peripheral zone of the world ocean (upwelling zones of the continental shelf, continental slopes, deep-sea trenches) and on the continents in inland isolated and semi-enclosed sea bodies. It is concluded that modern aquagenic sediments enriched with organic matter may become sources of hydrocarbons and promising objects with significant oil and gas reserves in the future.

Keywords: organic matter, modern carbonaceous sediments, structural-geologic conditions, upwelling.

ВСТУП

Відклади, що збагачені органічною речовиною (ОР), отримали розвиток на різних стратиграфічних рівнях фанерозою і поширені в багатьох регіонах світу. Геологами-нафтовиками вони розглядаються як такі, що можуть при певних термобаричних умовах продукувати і містити вуглеводні (ВВ). Сучасні осадки Азовського, Каспійського, Чорного

та інших морів і водойм також містять ОР, бітумні фракції, ВВ та інші компоненти. Тому мета даної статті – розглянути структурно-геологічні умови накопичення і поширення вуглецевих осадків у четвертинному періоді розвитку нашої планети та охарактеризувати їх як, можливо, потенційних джерел ВВ. Для цього було систематизовано і проаналізовано значний фактичний матеріал

Цитування: Мачуліна С. О. Структурно-геологічні умови формування і розповсюдження вуглецевих відкладів четвертинного періоду розвитку Землі як майбутніх джерел вуглеводнів. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2021. Том 14, вип. 2. С. 12–18. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.228498>.

Citation: Machulina S. O., 2021. Structural and geological conditions of formation and distribution of carbonaceous deposits of the Quaternary period of the Earth's development as future sources of hydrocarbons. Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine. Vol. 14, iss. 2. Pp. 12–18. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.228498>.

по їх поширенню в різних регіонах світу; в таблиці узагальнена їх геолого-геохімічна характеристика.

Під словосполученням *збагачені ОР*, або *вуглецеві*, — автор має на увазі породи з над-кларковим вмістом органічного вуглецю ($C_{\text{орг}}$), тобто понад 0,65% (Кларк, 1924), або 0,58% (Вассоевич, 1967). В 50–60-ті роки минулого століття вуглепетрографами було доведено, що ОР представлена двома основними генетичними типами — сапропелевим і гумусовим. З сапропелевою ОР, яка має ліпідний склад і накопичується переважно в морських умовах, утворюються як рідкі, так і газоподібні ВВ. З чисто гумусової ОР, що накопичується в прибережно-морських умовах, утворюються здебільшого газоподібні ВВ з домінуванням метану. Основним біопродукентом сапропелевої ОР у давніх і сучасних морях і океанах є фітопланктон. Його первинна валова продукція становить 25–70 млрд т/рік або 18–40 млрд т/рік $C_{\text{орг}}$; продукція зоопланктону — в 10 разів менша, а фітобентосу — незначна (Романкевич, 1977).

Ранньочетвертинні і голоценові (сучасні) осади, збагачені ОР вивчалися в аспекті нафтогазопотенційних світ багатьма відомими геологами (А. Д. Архангельський, В. В. Вебер, А. І. Горська, Н. В. Логвиненко, К. Ф. Родіонова, Е. Л. Романкевич, Н. М. Страхов, П. Траск та ін.).

Якщо перші роботи з вивчення сучасних вуглецевих осадків були проведені у відокремлених морських водоймах типу Чорного моря, то в 70–80-х роках минулого століття протяжні зони сапропелевих мулів були виявлені в різних районах Світового океану.

Було встановлено, що діатомові кременисто-глинисті мули займають великі простори на шельфі південно-західної частини Африки в зоні дії Бенгальської течії, присутні в Перуанському жолобі Тихого океану; глинисті сапропелеві і форамініферові мули поширені на материковому схилі п-ова Індостан з боку Аравійського моря. Дослідниками було окреслено ареал поширення вуглецевих осадків у Середземному та інших морях.

Великий комплекс досліджень з вивчення фаціальних і геохімічних умов накопичення сучасних вуглецевих осадків було проведено В. В. Вебером (Вебер, 1973). Ним були вивчені сучасні донні відклади багатьох регіонів планети і доведено, що сучасні вуглецеві відклади, також як і древні, формуються в западинах у різних фаціальних умовах: морських з дефіцитом кисню на дні,

лагунно-морських (авандельти, естуарії, лагуни, лимани, напівзамкнені мілководні морські затоки) і озерно-континентальних. В. В. Вебер надавав великого значення вивченню сучасних осадків Перської затоки, збагачених ОР, які він розглядав як можливий вихідний матеріал для подальшого його перетворення в нафтовому напрямі.

Дослідження сучасних вуглецевих осадків морів і океанів у різних аспектах були продовжені А. І. Данюшевською, К. Ф. Родіоною, А. І. Конюховим, П. Н. Купріним, О. Ю. Митропольським, Е. Л. Романкевичем, Є. Ф. Шнюковим та іншими геологами.

Вуглецеві відклади четвертинного періоду. Четвертинний період, до якого за сучасною Міжнародною стратиграфічною шкалою відносяться ранні стадії четвертинного періоду — еоплейстоцен або найдавніший плейстоцен, розпочався 2,58 млн років тому. Голоцен, який почався 0,0117 млн років тому і триває по-нині, нерідко називають сучасним часом. Початок плейстоценової епохи відрізняється сильним похолоданням клімату, яке вплинуло на рельєф місцевості і біоту. Гороутворення, що відбувалося в кінці третинного періоду, зумовило значне підняття материків і регресію морів у четвертинному періоді. Сформувалася більшість сучасних форм рельєфу Землі і відбулося безліч геологічних подій, з яких найважливішим став розвиток плейстоценової льодовикової епохи.

В сучасну геологічну епоху максимуми вмісту та абсолютні маси $C_{\text{орг}}$ зосереджені в периферійній зоні Світового океану — окраїнних морях, океанських шельфах, континентальному схилі і крайових частинах улоговин. Наприклад, на шельфовій окраїні Екватору і Перу відомі сучасні осади з вмістом до 10,6% $C_{\text{орг}}$; в затоках Західної Африки ця величина досягає 12,8%, а на шельфі південно-західної частини Африки — 16–26% (Родіонова, 1981).

Структурно-геологічні умови формування вуглецевих осадків в океані і внутрішніх відокремлених (або напівзамкнених) морських водоймах різні. У першому випадку — це зони підводних окраїн континентів, які знаходяться під впливом апвелінгу; у другому — глибоководні улоговини і нижня частина материкового схилу. Процес накопичення і збагачення осадків ОР триває в океані і в даний час. Початок його, на думку авторів роботи (Конюхов и др., 1978), слід шукати в древньочетвертинний час або в пліоцені, коли встановилася близька до сучасної система

атмосферної та океанічної циркуляції. Бурхливе цвітіння і відмирання діатомового фітопланктону пов'язується багатьма дослідниками з явищем апвелінгу. Осадки зони апвелінгу відрізняються високим вмістом $C_{\text{орг}}$ (6–14%), підвищеною концентрацією аморфного кремнезему (10–15, рідше 30%), низьким вмістом карбонатів (кілька відсотків); також вони можуть містити значну кількість алевритового (з кварцем, польовим шпатом, вулканічним склом) і глинистого матеріалу.

Сапропелеподібні осади внутрішніх відокремлених і напівзамкнених морських водойм (Чорного і Середземноморського) датуються як пізньочетвертинні і ранньоголоценові. В сучасну геологічну епоху їх накопичення не відбувається. На початку ХХ ст. у наслідок зміни водного режиму припинилося накопичення балхашиту (молодого сапропеліту) в затоці Ала-коль оз. Балхаш. Чорноморські сапропелеподібні мули характеризуються високими концентраціями $C_{\text{орг}}$ (10–22% і більше) і являють собою карбонатно-глинисті осади з вмістом CaCO_3 — 40%. У них рідко трапляються залишки діатомових (вихідною ОР були акритархи і коколітофорида), а вміст аморфного кремнезему знижений. Геохімічні умови середовища накопичення високовуглецевих мулів в океанах і внутрішніх морських водоймах дуже близькі — це сірководневе зараження, ознаки якого виявлені в сучасних сапропелеподібних осадках океану і глибоководних частинах Чорного моря.

За даними роботи (Конюхов и др., 1978), процес трансформації вихідних органічних сполук в океанських і морських мулах відбувався в ідентичних напрямках, а саме: а) в умовах відсутності вільного кисню, б) при високих рН, в) низькому окислювально-відновному потенціалі. Таким чином, близькість геохімічних обстановок дозволила дослідникам порівнювати ОР морських і океанічних сапропелеподібних осадків. Голоценові осади перуанського шельфу Тихого океану, атлантичного шельфу Південно-Західної Африки, Середземного, Чорного, Білого і пліоцен-четвертинних відкладів Каспійського морів здебільшого представлені алевритово-глинистими, глинистими і сапропелевими мулами, іноді з невеликою домішкою піску, уламків раковин молюсків або скелетів діатомей. Вивчення проб осадків з інтервалу 0–50 м показали, що вміст $C_{\text{орг}}$ (0,41–10,18%), вихід бітумоїдів (0,012–0,61% на осад), масел (10,90–36,46% на бітумоїди) і метано-нафтової фракції ВВ (66,2–96,0% на масло) змінюються в широких

межах (Куприн, 1979). Кореляційні залежності між цими параметрами свідчать про наявність прямого зв'язку між вмістом $C_{\text{орг}}$ і бітумоїдів, виходом масел і виходом метано-нафтової фракції ВВ, що може бути доказом автохтонності бітумоїдів.

У 80–90-х рр. ХХ ст. почалася нова хвиля вивчення сучасних осадків Середземного, Іонічного, Чорного морів, а також шельфових морів Північного Льодовитого океану. Було встановлено, що мули глибоководних западин Тіро і Кретеус Середземного моря, розташовані на південь від о-ва Крит і жолоба Страбон, збагачені сапропелевою ОР. Вони накопичувалися в пізньому плейстоцені і голоцені. В роботі (Корчагіна, 1996) було доведено, що органічна маса мулів має планктоногенний склад (залишки коколітофорид і форамініфер). Осади з концентрацією ОР < 1% мають генераційний потенціал, що не перевищує 0,8 кг/т ВВ, тому вони не можуть розглядатися як потенційно нафтоматеринські. У сапропелевих осадках з вмістом ОР > 2% потенціал керогену мулів перевищує 2 кг/т ВВ, що дає підставу авторам вважати їх потенційно нафтоматеринськими. У відкладах западини Кретеус на глибині понад 90 см відмічається підвищений потенціал керогену 5–6 кг/т ВВ. Геолого-геохімічна характеристика деяких вуглецевих товщ плейстоцену і голоцену наведена в таблиці.

В останні десятиліття дослідники активно вивчають закономірності розподілу $C_{\text{орг}}$ в осадках шельфових морів Північного Льодовитого океану. Полярні шельфові моря, в межах яких домінує акумуляція осадків різної зернистості, характеризуються плямистим розподілом ОР на тлі його генетичної гетерогенності. Це пов'язано з варіаціями біопродуктивності, яка визначається обсягами надходження в арктичні моря теплих атлантичних і тихоокеанських вод, а також кількістю теригенного матеріалу — основного постачальника алохтонної ОР (Данюшевская, 1985; Петрова, 1999).

Значний фактичний матеріал дозволив Л. А. Данюшевській (Данюшевская, 1985) отримати перші уявлення про кількість $C_{\text{орг}}$, яке поховане в арктичних акваторіях за 1000 років, і оцінити роль цих акваторій в загальному балансі $C_{\text{орг}}$ Світового океану. За цим показником арктичні шельфові моря розташовуються в такому порядку (109 т/1000 років): Баренцове — 1,12, Карське — 1,08, Чукотське — 0,59, Східно-Сибірське — 0,35, Лаптевих — 0,32. Загальна кількість $C_{\text{орг}}$, яке по-

Таблиця. Геологічна і геохімічна характеристики плейстоценових і голоценових вуглецевих осадків. Скла-ла С. О. Мачуліна

Table. Geological and geochemical characteristics of Pleistocene and Holocene carbonaceous sediments. Compiler S. O. Machulina

Регіон, басейн, формація	Вік	Літологічний склад	C _{орг.} %, тип ОР, НІ, мг УВ/г C _{орг.}	Літературне джерело
Підводний конус р. Дунай (каламітські та джемєтинські шари)	Голоцен (сучасний час)	Сапропелеві карбонатно-кременисті мули; потужність 1–2 м, рідше 5 м	1–3%	Конюхов, 1978
Чорне море (біля входу в Дніпровський лиман)	Те саме	Чорний, зеленуватий алеврито-глинистий мул	2,6–3,1%	Данюшевская, 1985
Таманський п-ів	»	Глинисті осадки лиману	2,9%	Те саме
Чорне море (підводний конус р. Південний Буг)	»	Глинистий мул, глинисто-сапропелевий мул	0,7–1,7%, 5,73%	Куприн, 1979
Чорне море (західна частина)	»	Темно-бурий органо-генний мул	9,27%	Те саме
Чорне море, (глибоководна западина)	»	Карбонатно-глинистий мул	12,6%	Конюхов, 1978
Азовське море	»	Глинисті осадки	1,46–2,39%	Хрусталеv, 1989
Мексиканська затока (банка Кампече), на глибинах 88, 1218 м	»	Карбонатний алевритоморфний мул; алевритиста глина	0,5%, 0,81%	Вебер, 1973 Куприн, 1979
Шельф Еквадора і Перу	»	Глинисті осадки	10,6%	Левитан, 1978
Гирло Ла-Плати (біля берегів Південної Америки)	»	Коричнево-бурий алеврито-глинистий мул	0,6%	Те саме
Індійський океан (область авандельти р. Лімпопо), на глибині 103 м	»	Темно-зелений і сірий вапняковий алеврит	0,22%	Вебер, 1973
Індійський океан (глибоководні фації)	»	Діатомовий мул, Форамініферовий мул; абісальна глина	0,21% 0,33% 0,40%	Те саме
Персидська затока (авандельта Євфрату)	»	Теригенно-карбонатний алевритоморфний мул	0,74%	»
Персидська затока глибина 22–88 м	»	Пелітоморфні терригенно-карбонатні мули	0,69% (середнє по 13 станціях)	»
Червоне море глибина 852 м	Q ₁	Алеврито-глинистий наномул	1,39%	Куприн, 1979

Закінчення таблиці

Регіон, басейн, формація	Вік	Літологічний склад	$C_{\text{орг}}$, %, тип ОР, НІ, мг УВ/г $C_{\text{орг}}$	Літературне джерело
Чорне море	Голоцен	Сапропелевий мул	> 10–22%	Блохина, 1994
Норвезьке море (фації материкового схилу, глибини 360 та 1200 м)	Те саме	Темно-сірий алеврито-глинистий мул; глинисто-алевритовий мул	1,69–2,0%, 0,57–0,64%	Те саме
Охотське і Берінгове моря (шельф)	»	Алевритові та глинисті осади западин	1,2–1,32%; 1,60% – для глинистих	Бушнев, 2005
Біле море (сублітораль)	»	Глинисто-алевритовий мул	2,4%	Родионова, 1981
Тихий океан (шельф Перу, глибина 190 м)	Q_{IV}	Глинисто-діатомовий мул	6,15%; ОР – II тип (сапропелевий)	Куприн, 1979
Середземне море (затока Сидра, глибина 1400 м)	Q_{IV}	Глинисто-сапропелевий мул	1,86%	Те саме
Середземне море (континентальний схил)	Голоцен	Алеврито-глинистий мул	1,86%	Конюхов, 1978
Південний Каспій (західний шельф, глибина 80–280 м)	»	Сірий глинистий мул, глини	1,41% – мідієвий мул	Куприн, 1979 Вебер, 1973
Атлантичний океан (Бенгальська течія)	»	Кременисто-глинистий мул	10,18%	Те саме
Середземне море (западина Тіро, глибина 85 см). Середземне море (западина Кретеус, глибина 40–255 см)	Плейстоцен-голоцен	Глинисто-карбонатно-кременисті мули Те саме, карбонатність 40–80%	1,7% (середнє – 0,6%); НІ = 230–287. 0,2–0,6–2,2%; НІ = 93–130–173	Корчагіна, 1996
Японське море, глибина 2599 м	Плейстоцен	Чорні сланці (глинисті відклади)	0,95%; ОВ – II тип (сапропелевий)	Куприн, 1979
Гвінейська затока (район високої біологічної продуктивності)	Голоцен	Алеврито-глинистий мул	6,0%; ОВ – II тип (сапропелевий)	Резников, 2002

ховане в осадах арктичного шельфу, становить $3,50 \times 10^9$ т/1000 років. Ця кількість сягає 12–13% $C_{\text{орг}}$, акумульованого в морях Світового океану. У центральній глибоководній акваторії Північного Льодовитого океану акумулюється $0,35 \times 10^9$ т/1000 років $C_{\text{орг}}$, що складає близько 4,4% загальної кількості $C_{\text{орг}}$, яке фосилізується за 1000 років у Світовому океані.

Пошуки і розвідка покладів ВВ проводяться в багатьох районах Світового океану в діапазоні глибин 500–3000 м. Це Мексиканська затока, континентальні схили Бразилії і Західної Африки в Атлантичному океані, акваторії західної, північно-західної і північної Австралії, п-ів Індостан в Індійському океані і континентальні окраїни Північної Америки в Тихому океані (Забанбарк,

2005). Особливо слід відзначити унікальні прояви ВВ і збагаченість $C_{\text{орг}}$ (до 1–3%) сучасних сульфідних гідротермальних побудов — високотемпературних «чорних курців», приурочених до гідротермальних полів Серединно-Атлантичного хребта (Баженова, 2002). За межами гідротермального поля, концентрація $C_{\text{орг}}$ в породах не перевищує 0,3%. Геохімічне вивчення сульфідних руд гідротермальних «курців» показало аномальний ізотопний склад ОР (–21,5 — –20,9%), присутність біомаркерів метаногенних бактерій і ліпідів і фосфоліпідів, які повністю ідентичні бактеріям прокариотів та еукаріотів. Також у хлороформних екстрактах руд були виявлені вищі ізопреноїди — типові сполуки бактеріального походження. Це дозволило дослідникам зробити висновок про те, що ОР сульфідних руд була утворена при значній участі процесів бактеріального хемосинтезу і метанотрофії.

Робота виконана в Інституті геологічних наук НАН України у рамках НДР НАН України за темою

«Еволюція вугленосних та вуглеводневоміщуючих формацій України» 2019/2023 рр. (КПКВК 6541030).

ВИСНОВКИ

У четвертинному періоді (плейстоцені і голоцені) збагачені ОР осадки накопичувалися та продовжують накопичуватися в різноманітних структурно-геологічних умовах і типах седиментації, геохімічних режимах морських басейнів (Чорному, Середземному, Балтійському, фіордах Норвегії і Данії та ін.), переважаючи в периферійній зоні Світового океану (зонах апвелінгу континентального шельфу, континентальних схилів, глибоководних улоговин та ін.) і на континентах у внутрішніх відокремлених і напівзамкнених морських водоймах. Згодом, при сприятливих геологічних умовах, збагачені ОР осадки можуть слугувати джерелами ВВ і стати новими перспективними об'єктами зі значними запасами нафти і газу.

REFERENCES

Bazhenova O. K., 2002. Geochemical evidence of the biogenic nature of hydrocarbons in hydrothermal formations in the Mid-Atlantic Ridge: the genesis of oil and gas. M.: GEOS. Pp. 29–31. (In Russian).

Blokhina T. S., 1994. Sapropelic silts of the Black Sea: author. dis. ... cand. geol. sciences. Kiev. 22 p. (In Russian).

Bushnev D. A., 2005. Anoxic Early Cretaceous Basin of the Russian Plate: organic geochemistry. *Litol. and minerals*, No. 1. Pp. 25–34. (In Russian).

Vasoevich N. B., 1967. The theory of sedimentary-migration origin of oil. *Izv. Academy of Sciences of the USSR*, No. 1. Pp. 137–142. (In Russian).

Weber V. V., 1973. Oil-bearing formations and their modern analogues. Moscow: Nedra, 280 p. (In Russian).

Danyushevskaya A. I., 1985. Distribution and diagenetic evolution of OM in bottom sediments of the polar sedimentogenesis zone: organic matter of modern and fossil sediments. Moscow: Nauka. Pp. 54–71. (In Russian).

Zabanbark A., 2005. Deep water areas of the World Ocean — hydrocarbon reserve of the XXI century: new ideas in the geology of oil and gas. M.: GEOS. Pp. 149–150. (In Russian).

Konyukhov A. I., 1978. Features of the OM composition in the horizons of sapropel-like sediments of the seas and oceans: accumulation and transformation of sediments. Moscow: Nauka. Pp. 86–99. (In Russian).

Korchagina Yu. I., 1996. Geochemistry of sediments of modern water bodies: oil and gas and coal-bearing basins of Russia. Moscow: Moscow State University. Pp. 107–116. (In Russian).

Баженова О. К. Геохимические доказательства биогенной природы углеводородов гидротермальных образований Срединно-Атлантического хребта. *Генезис нефти и газа*. Москва: ГЕОС, 2002. С. 29–31.

Блохина Т. С. Сапропелевые илы Черного моря: автореф. дис. ... канд. геол. наук. Київ, 1994. 22 с.

Бушнев Д. А. Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: органическая геохимия. Москва: *Литология и полезные ископаемые*. 2005. № 1. С. 25–34.

Вассоевич Н. Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти. Москва: *Изв. АН СССР*. 1967. № 1. С. 137–142.

Вебер В. В. Нефтеносные свиты и их современные аналоги. Москва: Недра, 1973. 280 с.

Данюшевская А. И. Распределение и диагенетическая эволюция органического вещества в донных отложениях зоны полярного седиментогенеза. *Органическое вещество современных и ископаемых осадков*. Москва: Наука, 1985. С. 54–71.

Забанбарк А. Глубоководные акватории Мирового океана — углеводородный резерв XXI века. *Новые идеи в геологии нефти и газа*. Москва: ГЕОС, 2005. С. 149–150.

Конюхов А. И. Особенности состава органического вещества в горизонтах сапропелевидных осадков морей и океанов. *Накопление и преобразование седиментитов*. Москва: Наука, 1978. С. 86–99.

Корчагина Ю. И. Геохимия осадков современных водоемов. *Нефтегазоносные и угленосные бассейны России*. Москва: Из-во МГУ, 1996. С. 107–116.

- Kuprin P.N., 1979. OM transformation in host sediments at the stage of diagenesis and early catagenesis: accumulation and transformation of sedikachites. Moscow: Nauka. Pp. 39–56. (In Russian).
- Levitani M.A., 1978. On the black clays of the Atlantic Ocean: the accumulation and transformation of OM in modern and fossil sediments. Moscow: Nedra. Pp. 100–103. (In Russian).
- Petrova V.I., 1999. Geochemistry of OM of the Laptev Sea: proceedings of the XIII International School of Marine Geology. Moscow: Nauka. Pp. 297–298. (In Russian).
- Reznikov A.N., 2002. Oil and Gas Resources of the Deep-Water Region of the Niger Delta Basin: Towards the Creation of a General Theory of Oil and Gas Potential of Subsoil: Materials of Intern. conf. (Moscow, 2002). М.: GEOS. Pp. 125–128. (In Russian).
- Rodionova K.F., 1981. Geochemistry of organic matter and oil source rocks of the Phanerozoic. Moscow: Nedra, 367 p. (In Russian).
- Romankevich E.A., 1977. Geochemistry of organic matter in the ocean. Moscow: Nauka, 203 p. 16 (In Russian).
- Khrustalev V.P., 1989. Main regularities of OM accumulation in bottom sediments of the Sea of Azov. *Geol. zhurn.* No. 1(244). Pp. 75–88 (In Russian).
- Clarke F.W., Washington H.S., 1924. The composition of the Earth's crust. Wash., 117 p. (In English).
- Куприн П. Н. Преобразование органического вещества во вмещающих отложениях на стадии диагенеза и раннего катагенеза. *Накопление и преобразование сидикахитов.* Москва: Наука, 1979. С. 39–56.
- Левитан М. А. О черных глинах Атлантического океана. *Накопление и преобразование органического вещества современных и ископаемых осадков.* Москва: Недра, 1978. С. 100–103.
- Петрова В. И. Геохимия органического вещества моря Лаптевых: материалы XIII Междунар. шк. мор. геологии. Москва: Наука, 1999. С. 297–298.
- Резников А. Н. Ресурсы нефти и газа глубоководного региона бассейна дельты Нигера. *К созданию общей теории нефтегазоносности недр: материалы междунар. конф.* (Москва, 2002). Москва: ГЕОС, 2002. С. 125–128.
- Родионова К. Ф. Геохимия органического вещества и нефтематеринские породы фанерозоя. Москва: Недра, 1981. 367 с.
- Романкевич Е. А. Геохимия органического вещества в океане. Москва: Наука, 1977. 203 с.
- Хрусталеv В. П. Основные закономерности накопления органического вещества в донных осадках Азовского моря. *Геол. журн.* 1989. № 1 (244). С. 75–88.
- Clarke F.W., Washington H.S. The composition of the Earth's crust. Wash., 1924. 117 p.

Manuscript received April 7, 2021;
revision accepted September 15, 2021.

Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ КАК БУДУЩИХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

С. А. Мачулина

Осадки, обогащенные органическим веществом, широко распространены на разных стратиграфических уровнях фанерозоя. В настоящее время они рассматриваются исследователями как такие, которые при определенных геолого-термобарических условиях могут стать нефтегенерирующими. В статье рассматриваются структурно-геологические условия накопления и распространения на планете углеродистых осадков четвертичного периода. В этот период развития Земли обогащенные органическим веществом осадки накапливались и продолжают накапливаться в различных структурно-геологических условиях и геохимических режимах морских бассейнов (Черном, Средиземном, Балтийском, фьордах Норвегии и Дании), преобладая в периферийной зоне Мирового океана (зонах апвеллинга континентального шельфа, континентальных склонов, глубоководных котловин) и на континентах во внутренних обособленных и полужамкнутых морских водоемах. В таблице приведены геологическая и геохимическая характеристики плейстоценовых и голоценовых углеродистых осадков разных регионов мира. Сделан вывод, что обогащенные органическим веществом современные аквагенные осадки могут в будущем стать источниками углеводородов и перспективными объектами со значительными запасами нефти и газа.
Ключевые слова: органическое вещество, современные углеродистые осадки, структурно-геологические условия, апвеллинг.