

## ЗАГАЛЬНА ТА МОРСЬКА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.351

**Н. А. Федорончук**, канд. геол. наук, доцент  
кафедра общей и морской геологии,  
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
пер. Шампанский, 2, Одесса, 65058, Украина  
fedoronch@gmail.com

### **СВЯЗЬ НАКОПЛЕНИЯ ТОНКОГО ЗОЛОТА С ЛИТОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ**

Исследованы литологические особенности и содержание свободного золота донных отложений различных участков северо-западного шельфа Черного моря (Днепровского желоба, района вблизи Тендровской косы, Жебриянской бухты и района о. Змеиный). Приведена литологическая характеристика отложений. Выявлены связи между содержанием тонкого золота в отложениях и литологическими типами донных осадков, содержанием гранулометрических фракций, содержанием тяжелой фракции и отдельных тяжелых минералов.

**Ключевые слова:** тонкое золото, донные отложения, литологическая характеристика, Черное море

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Для северо-западного шельфа Черного моря характерно наличие в донных осадках свободного мелкого и весьма мелкого (0,5-0,1 мм), тонкого (0,1-0,05 мм) и пылевидного (0,50-0,01 мм) золота [4, 13, 14, 15], причем его накопление происходит в разных фациальных обстановках шельфа [11], различных терригенно-минералогических провинциях и не связано с каким-либо одним источником питания. Тонкое золото носит полигенный характер, а распределение его в осадках крайне неравномерно [1, 4, 8, 9, 13, 16].

Ранее отмечалась приуроченность накопления тонкого золота к плохо сортированным многокомпонентным терригенно-биогеогенным системам отложений – илистым, алевритистым и песчанистым ракушникам [3, 5, 9]. Однако четкой зависимости содержания золота от тех или иных компонентов отложений установлено не было. Неравномерность распределения и различный генезис тонкого золота осадков шельфа затрудняют выявление четких закономерностей его накопления.

Вместе с тем, выявление зависимостей накопления тонкого золота от литологических характеристик осадков шельфа не только позволит охарактеризовать процессы накопления тонкого золота в шельфовых отложениях, но и

обоснованно планировать пробоотбор при поисковых работах и других исследованиях золота в морских осадках.

Целью данной работы является выявление связей накопления тонкого золота с литологическими особенностями донных отложений.

Объект исследования – современные донные отложения северо-западного шельфа Черного моря. Предмет исследования – литологический состав донных отложений и содержание в них тонкого золота.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных материалов для написания данной статьи использованы результаты исследования литологических особенностей донных отложений северо-западного шельфа Черного моря, формирующихся в различных литодинамических условиях. Наиболее высокие содержания золота наблюдаются в Днепровском желобе, вблизи Тендровской косы, Жебриянской бухты и в районе о. Змеиный [5, 10, 12]. В пределах этих участков (рис. 1) нами сделана попытка выявить связь содержания золота с литологическими типами осадков, содержанием гранулометрических фракций, тяжелой фракции и отдельных тяжелых минералов.

Пробоотбор производился в 1993-1998 годах в рамках проектов по изучению тяжелых минералов донных отложений северо-западного шельфа Черного моря, выполняемых под руководством В.П. Резника Лабораторией морской геологии и геохимии ОНУ. Пробы донных отложений отбирались с бортов НИС «Аргон» и НИС «Топаз» вибропоршневой грунтовой трубкой диаметром 108 мм и дночерпателем «Океан-0,25», вес проб от нескольких кг до 20 кг. Автор непосредственно принимала участие в экспедиционных работах и последующих лабораторных исследованиях.

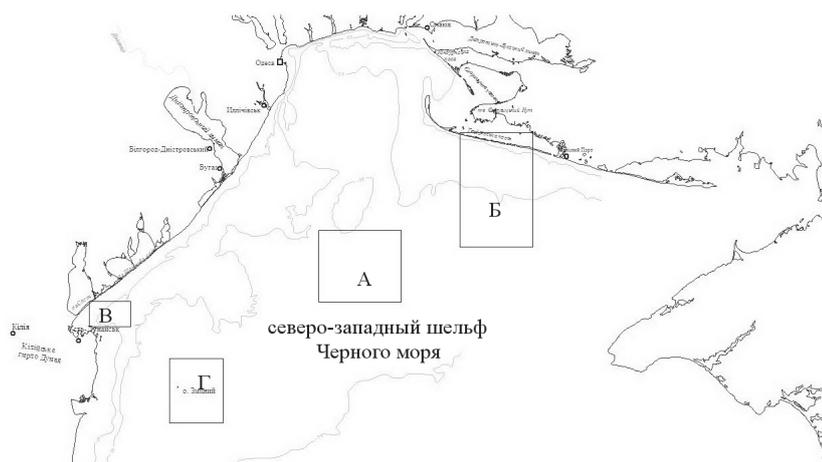


Рис. 1. Обзорная схема участков исследований (а – район Днепровского желоба, б – район Тендровской косы, в – Жебриянская бухта, г – район о. Змеиный)

В Днепровском желобе опробование проведено по сети профилей, перпендикулярных желобу и двум профилям вдоль него. В районе Тендровской косы точки пробоотбора расположены по профилям, перпендикулярным косе. В Жербрянской бухте опробование проведено в самой бухте и ее северо-восточном взморье. В районе о. Змеиный пробы отбирались из отложений участка шельфа, расположенного симметрично относительно острова и протягивающегося до взморья р. Дунай.

Гранулометрический анализ выполнялся водно-ситовым методом с отмучиванием тонких фракций. Определение содержания свободного золота проводилось из предварительно обогащенных на винтовом шлюзе концентратов пробирным анализом и методом амальгамации. Также изучался минералогический состав тяжелой фракции. Аналитическая часть исследований выполнена в лаборатории морской геологии и геохимии ОНУ имени И. И. Мечникова, пробирный анализ – в лаборатории благородных и редких металлов ИГМР им. Н. П. Семененко НАН Украины (А. А. Юшин).

Обработка и сопоставление результатов анализов были проведены с помощью программ Excel и Statistica. Сопоставления выполнены более чем по 200 золотосодержащим пробам отложений черноморского возраста, который идентифицировался по характерной фауне.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Днепровский желоб, в литодинамическом отношении представляющий собой зону стагнации, является наиболее перспективным на тонкое золото участком шельфа [5, 10]. Здесь отмечаются наиболее высокие содержания золота в донных отложениях северо-западного шельфа Черного моря. По нашим данным, в некоторых точках содержание золота достигает 3 г/т (табл. 1).

Таблица 1

### Статистические параметры содержания свободного золота в черноморских отложениях Днепровского желоба (по 106 пробам)

Метод анализа	Содержание золота, г/т			Стандартное отклонение, г/т
	среднее значение	минимум	максимум	
Амальгамация	0,200	0,090	0,866	0,133
Пробирный	0,606	0,009	3,000	0,843

Распределение золота по площади Днепровского желоба, как и всего северо-западного шельфа, достаточно неравномерно, о чем, в том числе, говорят и большие значения стандартного отклонения (табл. 1).

В литологическом отношении среди черноморских отложений Днепровского желоба широко распространены ракушечные системы с различными по

гранулометрическому составу терригенными компонентами, а также пески (рис. 2). В зависимости от того, какой материал (алеврит или песок) составляет нераковинную составляющую отложений, выделяются илистые алевритовые ракушники и песчаные ракушники. Псефитовая составляющая отложений на этой территории сложена исключительно биогенными компонентами – раковинами моллюсков.

Песчаные ракушники приурочены к бортам желоба, их поля распространяются до глубин 30-33 м, они средне и плохо сортированы (средний коэффициент сортировки  $S_0 = 4,75$ ). Илистые алевритовые ракушники, распространенные на большей глубине и занимающие остальную площадь желоба и районы южнее и севернее, отличаются отсутствием сортировки (средний коэффициент сортировки  $S_0 = 10,17$ ). Песчаные и илистые ракушники являются многокомпонентными литологическими системами, образованными за счет наложения терригенных и биогенных седиментационных процессов, что хорошо прослеживается на гистограммах распределения средних значений гранулометрических фракций (рис. 2) в виде двух пиков, соответствующих терригенным и биогенным компонентам.

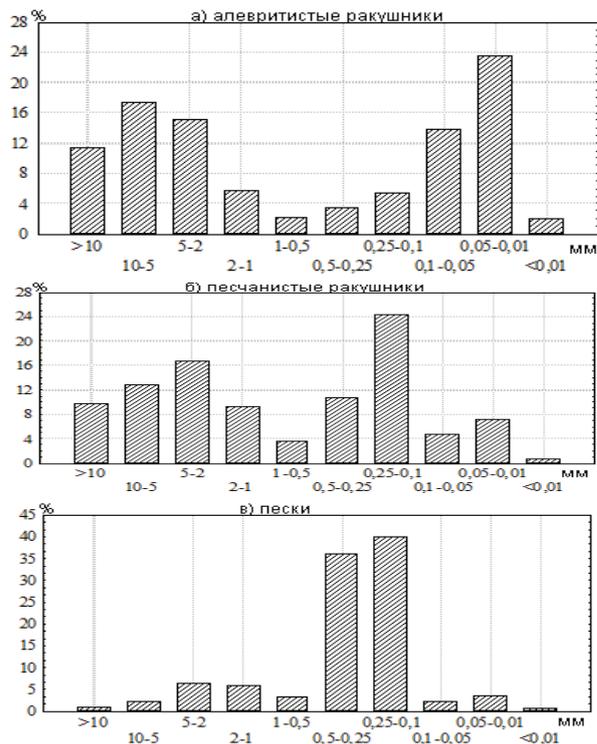


Рис.2. Средние содержания гранулометрических фракций в черноморских отложениях Днепровского желоба (а – в алевритовых ракушниках, б – в песчаных ракушниках, в – в песках)

Присутствие раковинного материала псефитовой размерности характерно почти для всех черноморских отложений Днепровского желоба. Даже для песков Днепровского желоба характерно повышенное содержание биогенной раковинно-детритовой составляющей (рис. 2в).

Пески в Днепровском желобе приурочены к его бортам – к повышениям рельефа дна. Они хорошо сортированы (среднее  $S_0 = 1,53$ ), содержат незначительную долю раковинного материала (до 18 %). На остальной площади исследованной части желоба раковинная составляющая преобладает.

Корреляционный анализ содержания золота в черноморских отложениях Днепровского желоба с содержанием гранулометрических фракций показал, что золото тяготеет здесь к крупноалевритовой (0,1-0,05 мм) фракции (коэффициент корреляции  $R_k=0,59$  при пороге значимости 0,50) и находится в высокой отрицательной корреляции с содержанием псефита ( $R_k = -0,77$ ), который в этих отложениях представлен исключительно раковинным материалом. При этом ни с одним из минералов тяжелой фракции, как и с общим содержанием тяжелой фракции, золото не выявило значимых коэффициентов корреляции, что лишним раз свидетельствует об особом типе россыпеобразования тонкого золота на шельфе [9].

Участок шельфа вблизи Тендровской косы является в литодинамическом отношении типичным примером морской аккумулятивной зоны. Здесь наблюдаются классические условия шельфового россыпеобразования (постоянный мощный транзит наносов, обуславливающий наличие аккумулятивного тела, активный волновой режим в условиях открытой акватории, постепенное увеличение глубин моря). Тендровская коса характеризуется наличием прибрежно-морских ильменит-цирконовых россыпей с высоким содержанием граната. Содержание тяжелой фракции в отложениях косы в ряде точек опробования превышает 20 кг/м<sup>3</sup>, россыпеобразующими минералами обогащены также отложения подводного склона косы до глубин 20 м [6, 9], причем концентрация ильменита и циркона в подводной части косы в некоторых точках превышает содержание этих минералов по Тендровской россыпи, что согласуется с закономерностями прибрежно-морского россыпеобразования. Однако золото в черноморских отложениях прилегающего к косе шельфа распространено меньше, чем в отложениях Днепровского желоба. Тем не менее, здесь выделяется ряд аномалий с фоновым содержанием свободного золота >0,1 г/т, а в отдельных пробах содержания золота составляют >0,25 г/т (табл. 2). Распределение его в отложениях крайне неравномерно.

Пески распространены вдоль косы до глубин моря около 10 м, представлены они преимущественно кварцевыми мелкозернистыми разновидностями, реже среднезернистыми с небольшой примесью (до 20 %) обломочно-раковинного материала (рис. 3б) и повышенным содержанием россыпеобразующих минералов титан-циркониевой группы и гранатов [9]. Степень сортировки песков хорошая и средняя (средний коэффициент сортировки  $S_0 = 1,74$ ). При увели-

чений доли обломочно-раковинного материала степень сортировки песков заметно ухудшается. На большей глубине моря (14-18 м) среди характерных ракушников встречаются крупнозернистые детритовые карбонатные пески, образованные за счет измельчения раковинно-детритового материала и уменьшения в них доли крупных раковин моллюсков.

Таблица 2

**Статистические параметры содержания свободного золота в черноморских отложениях вблизи Тендровской косы (по 47 пробам)**

Метод анализа	Содержание золота, г/т			Стандартное отклонение, г/т
	среднее значение	минимум	максимум	
Пробирный	0,061	0,002	0,256	0,076

Среди черноморских отложений района Тендровской косы выделены три характерных литологических типа – ракушники, пески и алевритовые илы (рис.3).

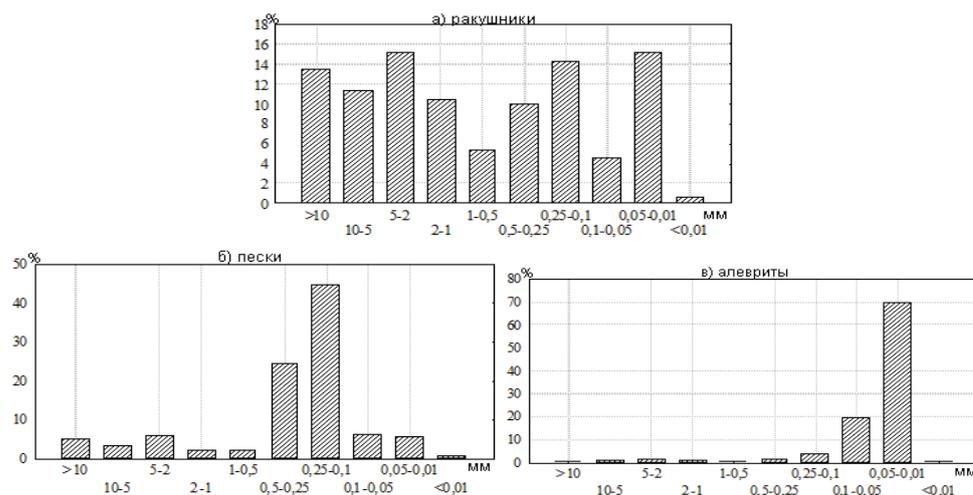


Рис.3. Средние содержания гранулометрических фракций в черноморских отложениях района Тендровской косы (а – в ракушниках, б – в песках, в – в алевритах)

Алевритовые илы вблизи Тендровской косы распространены ограниченно, на некотором удалении от самой косы, в зонах, где подавлена биогенная седиментация. Сортировка алевритовых илов хорошая и средняя (средний коэффициент сортировки  $S_0 = 1,76$ ).

Наиболее распространены в этом районе ракушники с различным содержанием песчаного и алевритового материала и крайне плохой степенью сортировки (средний коэффициент сортировки  $S_0 = 5,43$ ). Эти ракушники сложены

из детрита и целых створок моллюсков (в основном *Mytilus*), песчаная составляющая не является терригенной и образована за счет измельчения детрита [9].

Высокие содержания тяжелых минералов, по нашим данным, наблюдаются не только в отложениях самой Тендровской косы, где присутствуют россыпи минералов титан-циркониевой группы, но и в донных осадках до глубин моря около 20 м, что лишний раз свидетельствует об уменьшении размеров россыпеобразующих минералов с увеличением глубины моря без резкого снижения их общего содержания при удалении от береговой линии [9]. Общее содержание тяжелой фракции здесь достигает 2,95 кг/м<sup>3</sup> и находится в тесной корреляционной зависимости с содержанием псаммита ( $R_k=0,76$ ) и степени сортировки осадков ( $R_k=0,71$ ), что характерно для прибрежно-морских россыпей.

Для района Тендровской косы характерно преобладание в осадках мелкого золота над тонким. Содержание золота здесь тесно связано с содержанием в отложениях анатаза ( $R_k=0,58$ ), апатита ( $R_k=0,61$ ), циркона ( $R_k=0,72$ ), ильменита ( $R_k=0,64$ ), турмалина ( $R_k=0,57$ ) и с общим содержанием тяжелой фракции ( $R_k=0,58$ ). Таким образом, накопление золота здесь непосредственно связано с процессами формирования прибрежно-морских россыпей, в том числе титан-циркониевых, что характерно для золота более крупных размерных классов.

Район Жебриянской бухты является в литодинамическом отношении примером диссипационной зоны. Поток наносов, направленный вдоль черноморского побережья с запада на восток, встречается с мощнейшим потоком выносов Дуная, что приводит к возникновению в районе Жебриянской бухты зоны лавинной седиментации. В центре Жебриянской бухты периферическое вихревое течение образует зону стагнации [3, 5]. Именно с этой зоной, по нашим данным, связано максимальное накопление в отложениях тонкого золота. Здесь на некоторых станциях содержание золота в донных отложениях достигает 0,3 г/т (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание свободного золота в черноморских отложениях  
Жебриянской бухты (по 17 пробам)**

Метод анализа	Содержание золота, г/т			Стандартное отклонение, г/т
	среднее значение	минимум	максимум	
Амальгамация	0,059	0,133	0,229	0,043
Пробирный	0,108	0,843	0,310	0,049

В районе Жебриянской бухты опробовались отложения взморья и самой бухты – мелкоалевритовые илы и илы с примесью ракуши (рис. 4). Высокая скорость седиментации, характерная для этого района, приводит к подавлению биогенных процессов седиментации, что хорошо иллюстрируют гистограммы средних содержаний гранулометрических фракций осадков (рис. 4).

Более редкая сеть опробования отложений бухты по сравнению с Днепровским желобом и районом Тендровской косы не позволила провести статистическое сопоставление содержания золота с содержанием гранулометрических фракций и других тяжелых минералов. Вместе с тем следует отметить, что наибольшие содержания золота в этом районе наблюдаются именно в хорошо сортированных мелкоалевритовых илах центральной части бухты.

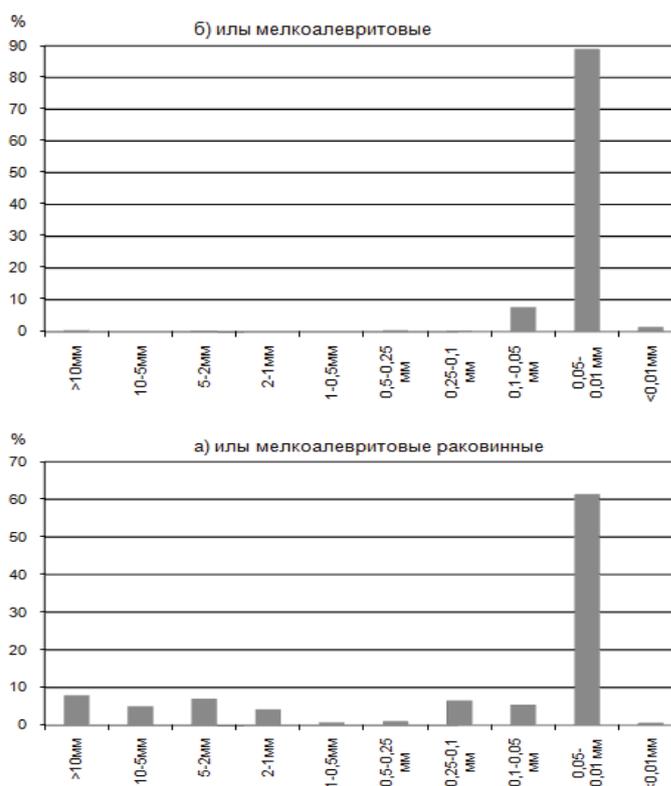


Рис. 4. Средние содержания гранулометрических фракций в черноморских отложениях Жебриянской бухты (а – в алевритовых раковинных илах, б – в мелкоалевритовых илах)

В районе о. Змеиный седиментационные процессы во многом контролируются выносами Дуная, вероятно именно с ними и связано накопление золота в донных отложениях этого района. Свободное золото выделено нами практически на всех станциях на удалении от береговой линии, расположенных за изобатой 20 м. Ближе к устьевой части дельты Дуная свободного золота не выявлено. Это объясняется слишком высокой для осаждения тонкого золота скоростью транспортировки материала в приустьевой части и высокими скоростями осадконакопления, характерными для этого района.

Количественные определения содержания золота в районе о. Змеиный не проводились, но по данным амальгамации в результате визуального просмотра продуктов дезамальгамации в 42 % из 33 проанализированных проб встречены знаки золота в количестве от 1 до 18 знаков с преобладающими размерами от 0,02 мм до 0,08 мм, иногда до 0,2 мм. Вес проб донных осадков при этом составлял всего от 2 до 14 кг. Такая высокая частота встречаемости золота не наблюдалась нами ни на одном другом участке шельфа. Вероятно, район о.Змеиный и авандельта Дуная в целом являются перспективными объектами на обнаружение россыпепроявлений золота.

Донные отложения района о. Змеиный представлены в западной части – алевритами, на долготе о.Змеиный – средне- и крупнозернистыми песками грауваккового типа, а восточнее острова – ракушниками [2, 7]. Хорошо сортированные алевритовые осадки являются отложениями перемываемой авандельты Дуная, плохо сортированные серые разномзернистые пески являются продуктом размыва пород о.Змеиный, а плохо сортированные ракушники – современными биогенно-терригенными многокомпонентными осадками, на формирование которых отказывает влияние далеко выдвигающаяся в море дельта Дуная.

Из-за отсутствия количественных определений содержания золота статистически обоснованных связей содержания золота с литологическими характеристиками отложений выявить не удалось. Однако, анализ частоты встречаемости и количества знаков золота в разных литологических типах осадков района показал, что основное накопление золота в районе о. Змеиный происходит в алевритах и плохо сортированных илистых ракушниках.

## ВЫВОДЫ

Для черноморских отложений северо-западного шельфа Черного моря отмечается приуроченность накопления тонкого золота к многокомпонентным плохо сортированным осадкам – илистым и песчаным ракушникам. Несмотря на эту тенденцию, в различных литодинамических обстановках шельфа отмечаются различия в зависимости накопления свободного золота от тех или иных типов осадков и их гранулометрических параметров.

Для черноморских отложений Днепровского желоба, представляющего собой зону стагнации, закономерна зависимость содержания золота от содержания крупного алеврита. Также отмечаются отрицательные корреляции золота с псефитом, что обусловлено биогенным характером псефитовой фракции и преимущественно терригенным характером [8] тонкого золота в этих отложениях. Отсутствие связи содержания золота с другими минералами тяжелой фракции осадков свидетельствует об особом механизме накопления тонкого золота на шельфе.

Похожие тенденции характерны и для черноморских отложений Жебриянской бухты и района о. Змеиный. Вынос золота на шельф здесь, вероятно, связан

с мощным поставкой осадочного материала Дунаем и перемывом авандельты Дуная. Здесь золото, как и в Днепровском желобе, тяготеет к алевритовым осадкам.

Таким образом, для участков шельфа, расположенных в зоне влияния выносов крупных рек, но находящихся на достаточном удалении от них для создания спокойных гидродинамических условий [6], наблюдается приуроченность накопления тонкого золота к алевритовым осадкам. Биогенные седиментационные процессы, выраженные в накоплении раковинной составляющей псефитовой размерности, носят наложенный характер и не влияют на накопление тонкого золота.

В литодинамических условиях аккумулятивных участков с мощным транзитом обломочного материала, каким является часть шельфа, прилегающая к Тендровской косе, преобладает накопление мелкого, а не тонкого золота. Здесь выявлена связь содержания золота с минералами тяжелой фракции, концентрирующихся в псаммитовых компонентах осадков. Такие районы являются не самыми благоприятными для накопления золота, так как при более крупном размерном классе золота, общее его содержание в осадках значительно ниже.

Таким образом, наиболее благоприятными для накопления тонкого золота являются алевритовые литологические разности отложений, формирующиеся в зоне влияния крупных рек, но находящиеся на достаточном удалении от устьев для создания спокойных гидродинамических режимов.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает глубокую благодарность В. П. Резнику и И. А. Мудрову, под руководством которых начиналась и проводилась большая часть исследований золота морских осадков в Одесском университете, и всему коллективу Лаборатории морской геологии и геохимии (ОНИЛ-3) Одесского национального университета имени И. И. Мечникова за многолетнее тесное сотрудничество в исследованиях тонкого золота.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванова А. М.* Мелкое и тонкое золото в шельфовых областях Мирового океана [Текст] / А. М. Иванова, Е. Н. Крейтер // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2006. – №2. – С. 30-49.
2. *Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод: монографія* [Текст] / Сминтина В. А., Медінець В. І., Сучков І. О., Федорончук Н. О. та ін.; відп. ред. В. І. Медінець; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. – Одеса: Астропринт, 2008. – XII, 228 с.
3. *Резник В. П.* Некоторые проблемы морского тонкого золота (северо-западный шельф Черного моря) [Текст] / В. П. Резник // Геология и полезные ископаемые Черного моря. — К.: ОМГОР НАН Украины. — 1999. — С. 147–151.
4. *Резник В. П.* Тонкое золото в морских и океанических осадках [Текст] / В. П. Резник., Н. А. Федорончук // Литология и полезные ископаемые. — 2000. — №4. — С. 355–363.
5. *Резнік В. П.* Тонкі рудні мінерали в відкладах північно-західного шельфу Чорного моря. Особливості розповсюдження [Текст] / В. П. Резнік // Геол. журн. – 2003. – № 2. – С. 99–111.
6. *Сучков И. А.* К геоморфологии северо-западного шельфа Черного моря [Текст] / И. А. Сучков // Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К., 1999. – С. 365–370.

7. Сучков И. А. Основные черты современного осадконакопления района о. Змеиный [Текст] / И. А. Сучков, Н. А. Федорончук, Н. В. Тюленева // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. Вип. 3. – 2010. – С. 204-211.
8. Федорончук Н. А. Тонкое терригенное и аутигенное золото в морских отложениях [Текст] / Федорончук Н. А., Сучков И. А. // Збірник наукових праць ІГН НАНУ. Вип.5. – 2012. – С. 219-226.
9. Федорончук Н. О. Літологія донних відкладів та умови формування розсіпів на Північно-Західному шельфі Чорного моря [Текст] / Н. О. Федорончук // Автореферат дисертації – Одеса: “Астропринт”. – 2001. – 20 с.
10. Федорончук Н. О. Літологія донних відкладів та умови осадконакопичення на Північно-Західному шельфі Чорного моря [Текст] / Н. О. Федорончук, І. О. Сучков, В. П. Резнік, В. Г. Іванов // Геологічний журнал. – 2001. - №3. – С. 41-52.
11. Федорончук Н. О. Літолого-фаціальні та мінералогічні передумови накопичення тонкого золота у нововексинських відкладах Дніпровського жолоба (північно-західний шельф Чорного моря) [Текст] / Н. О. Федорончук, І. О. Сучков, І. О. Мудров, І. О. Гончарова // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2013. – № 2. – С. 64-75.
12. Федорончук Н. А. Литологический контроль накопления тонкого золота в современных осадках Черного моря [Текст] / Н. А. Федорончук // Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій: Збірник матеріалів міжнародної наукової конференції. 6-11 жовтня 2014, Київ, Україна. – К. – 2014. – С. 97.
13. Федорончук Н. О. Морфологія та генезис тонкого золота сучасних відкладів Чорного моря [Текст] / Н. А. Федорончук // Вісник ОНУ. – 2014. - Т. 19, вип. 4 (23). Географічні та геологічні науки. – С. 242-250.
14. Шнюков Е. Ф. Минеральные богатства Черного моря [Текст] / Е. Ф. Шнюков, А. П. Зиборов – Киев: Изд. НАН Украины. – 2004. – 290 с.
15. Шнюков Е. Ф. Поиски месторождений мелкого и тонкого золота в Азово-Черноморском регионе — важная геологическая проблема XXI века [Текст] / Е. Ф. Шнюков // Геологические проблемы Черного моря. — Киев. — 2001. — С. 11–22.
16. Юшин О. О. Генетичні особливості золотоносних розсіпів Азово-Чорноморської провінції [Текст] / О. О. Юшин. // Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К. 2009. – С. 200–203.

## REFERENCES

1. Ivanova, A. M., Kreyter, E. N. (2006), Melkoe i tonkoe zoloto v shelfovykh oblastiakh Mirovogo okeana [Fine gold in the shelf areas of the World Ocean], *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana* [Geology and Mineral Resources of the World Ocean], No. 2, pp. 30-49.
2. Smyntyna, V. A., Medinets, V. I., Suchkov, I. A., Fedoronchuk, N. A. and others; ex. ed. V.I. Medinets (2008), *Ostriv Zmiinyi. Yekosistema priberezhnikh vod: monografiya* [Zmiinyi Island. Ecosystem of Coasta Waters: monograph], Odes. Nat. I.I.Mechnikov University, Odessa: Astroprint, XII, 228 pp.
3. Reznik, V. P. (1999), “Nekotorye problemy morskogo tonkogo zolota (severo-zapadnyy shelf Chernogo moray)” [“Some problems of sea fine gold (north-western shelf of the Black Sea)”] *Geologiya i poleznye iskopaemye Chernogo moray* [Geology and Mineral Resources of the Black Sea], Kiev: BMGSD NAS of Ukraine, pp. 147–151.
4. Reznik, V. P., Fedoronchuk, N. A. (2000), Tonkoe zoloto v morskikh i okeanicheskikh osadkakh [Fine gold in marine and ocean sediments], *Lithology and Mineral Resources*, No. 4, pp. 355–363.
5. Reznik, V. P. (2003), Tonki rudni minerali v vidkladakh pivnichno-zakhidnogo shelfu Chornogo morya. Osoblivosti rozpovsyudzhennya [Fine ore minerals in the sediments of the northwestern Black Sea shelf. Peculiarities of distribution], *Geological Journal*, No.2, pp. 99–111.
6. Suchkov, I. A. (1999), “K geomorfologii severo-zapadnogo shelfa Chernogo moray” [“To the geomorphology of the Western northwest shelf of the Black Sea”] *Geologiya i poleznye iskopaemye Chernogo moray* [Geology and Mineral Resources of the Black Sea], Kiev: BMGSD NAS of Ukraine, pp. 365–370.
7. Suchkov, I. A., Fedoronchuk, N. A., Tyuleneva, N. V. (2010), Osnovnye cherty sovremennogo osadkonakopleniya rayona ostrova Zmeinyy [The main features of the resent sedimentation within Zmiinyi Island area], *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine*, Vol. 3, pp. 204-211.
8. Fedoronchuk, N. A., Suchkov, I. A. (2012), Tonkoe terrigennoe i autigennoe zoloto v morskikh otlozheniyakh [Fine terrigenous and authigenous gold in marine sediments], *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine*, Vol. 5, pp. 219-226.

9. Fedoronchuk, N. A. (2001), Litologiya donnikh vidkladiv ta umovi formuvannya rozsipiv na Pivnichno-Zakhidnomu shelfi Chornogo moray [Lithology of bottom sediments and peculiarities of placer deposit formation on the North-Western Black Sea shelf], *Extended abstract of candidate's thesis*, Odessa: Astroprint, 20 p.
10. Fedoronchuk, N.O., Suchkov, I.O., Reznik, V.P., Ivanov, V.G. (2001), Litologiya donnikh vidkladiv ta umovi osadkonakopichennya na Pivnichno-Zakhidnomu shelfi Chornogo moraya [Lithology of bottom sediments and sedimentation conditions in the North-western Black Sea shelf], *Geological Journal*, No.3, pp. 41-52.
11. Fedoronchuk, N. A., Suchkov, I. A., Mudrov, I. A., Goncharova, I. O. (2013), Litologo-fatsialni ta mineralogichni peredumovi nakopichennya tonkogo zolota u novoevksinskikh vidkladakh Dniprovskogo zholoba (pivnichno-zakhidniy shelf Chornogo moraya) [Lithologic-facial and mineralogical preconditions of fine gold accumulation in the neoeuxinian deposits of the Dnieper submarine valley (the NW Black Sea shelf)], *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana* [Geology and Mineral Resources of the World Ocean], No. 2 (32), pp. 64-75.
12. Fedoronchuk, N. A. (2014), The lithological control of accumulation of fine gold in the recent sediments of the Black Sea, *Modern Problems on Lithology of Sedimentary Basins of Ukraine and Adjacent Territories: Proceedings of the International Scientific Conference*, Kyiv, p.97
13. Fedoronchuk, N. O. (2014), Morfolohiia ta henezys tonkoho zolota suchasnykh vidkladiv Chornoho moria [Morphology and genesis of fine gold in modern sediments of the Black Sea], *Odesa National University Herald. Geography and Geology*, Vol. 19, Issue 4 (23), p. 242-250.
14. Shnyukov, E. F., Ziborov, A. P. (2004), *Mineralnye bogatstva Chernogo moray* [Mineral wealth of the Black Sea], Kiev: Publisher NAS of Ukraine, 290 p.
15. Shnyukov, E. F. (2001), "Poiski mestorozhdeniy melkogo i tonkogo zolota v Azovo-Chernomorskom regione — vazhnaya geologicheskaya problema XXI veka" ["Search of deposits of fine gold in the Azov-Black Sea region - an important geological problem of the XXI century"] *Geologicheskie problemy Chernogo moray* [Geological problems of the Black Sea], Kiev, pp. 11–22.
16. Yushin, O. O. (2009), "Genetichni osoblivosti zolotonosnikh rozsipiv Azovo-Chernomorskoï provintsii" ["Genetic peculiarities of gold placers of the Azov-Black Sea province"] *Geologiya i poleznye iskopaemye Chernogo moray* [Geology and Mineral Resources of the Black Sea], Kiyv, pp. 200–203.

Поступила 10. 12. 2016

**Н. О. Федорончук**, канд. геол. наук, доцент  
кафедра загальної та морської геології,  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
пров. Шампанський, 2, Одеса, 65058, Україна  
fedoronch@gmail.com

## **ЗВ'ЯЗОК НАКОПИЧЕННЯ ТОНКОГО ЗОЛОТА З ЛІТОЛОГІЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ СУЧАСНИХ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ**

### **Резюме**

Досліджено літологічні особливості та вміст вільного золота донних відкладень різних ділянок північно-західного шельфу Чорного моря (Дніпровського жолобу, району поблизу Тендрівської коси, Жебриянської бухти та району о. Зміїний). Наведено літологічну характеристику відкладів. Виявлені зв'язки між вмістом тонкого золота у відкладеннях та літологічними типами донних відкладів, вмістом гранулометричних фракцій, вмістом важкої фракції й окремих важких мінералів.

**Ключові слова:** тонке золото, донні відклади, літологічна характеристика, Чорне море

**N.A. Fedoronchuk**

Department of Physical and Marine Geology,  
Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Shampanskiy line, 2, Odessa, 65058, Ukraine  
fedoronch@gmail.com

**THE CONNECTION OF FINE GOLD ACCUMULATION WITH LITHOLOGICAL PECULIARITIES OF THE RECENT BOTTOM DEPOSITS OF THE NORTHWESTERN BLACK SEA SHELF****Abstract**

**Purpose.** The presence of fine gold is a characteristic feature of the shelf deposits of the Black Sea. Moreover, fine gold is accumulating in different terrigenous-mineralogical provinces of the shelf and is not connected to any distinct source. Fine gold has a polygenetic character and its distribution in the sediments is highly uneven. For these reasons, identification of distinct patterns of fine gold accumulation is complicated.

The aim of the article is characterization of lithological control of fine gold accumulation in recent sediments in the Northwestern Black Sea shelf.

**Data & Methods.** Results of the study of lithological features and concentration of free gold in the sediments in the area of Dnieper depression, in the vicinity of the Tendra spit, Zhebriany bay and Zmeinyi Island, within the Northwestern Black Sea shelf were used. The samples of bottom sediments were obtained in the course of the survey, carried out by the Laboratory of Marine Geology and Geochemistry of Odesa I.I. Mechnikov National University. Concentrates for the determination of concentrations of gold and other heavy minerals were obtained by gravity separation on a spiral sluice. The results of grain size and mineralogical analyses, as well as determinations of gold concentration by amalgamation method and assay tests were processed statistically.

**Results.** The increased content of gold is often found in multi-component, nongraded recent sediments of the shelf, namely muddy and sandy shell deposits.

The accumulation of fine gold is confined to very fine sand fraction of the recent sediments in the Dnieper depression. There is a highly negative correlation between gold content and psephites can be observed. Psephites are represented exclusively by shelly material in these sediments. This negative relationship is quite natural, because there is no genetic relationship between biogenic psephites and predominantly terrigenous fine gold. Positive correlation between gold and very fine sand in the sediments indicate that the determining factor is the hydrodynamic regime for the accumulation of fine gold in marine sediments.

Fine gold tends to accumulate in sediments with a high content of heavy minerals near Tendra spit. Here, the accumulation of gold is directly related to the formation of coastal marine titanium-zirconium placers, evidenced by positive correlations between gold and zircon, ilmenite and anatase.

Maximum gold content occurs in well-graded fine sand sediments in Zhebriany bay and Zmeinyi island area.

The correlation of fine gold accumulation with lithological characteristics of bottom sediments is expressed in different ways within different areas of the Northwestern Black Sea shelf and in different facial environment.

**Keywords:** fine gold, bottom deposits, lithological characteristic, Black Sea