

УДК 551

## ТОНКОЕ ЗОЛОТО В МОРСКИХ И ОКЕАНИЧЕСКИХ ОСАДКАХ

© 2000 г. В. П. Резник, Н. А. Федорончук

Одесский государственный университет им. И.И. Мечникова  
Украина, 270026 Одесса, ул. Дворянская, 2

Поступила в редакцию 03.06.98 г.

Прибрежно-морские россыпи золота поставляют незначительную часть всего добываемого металла. Как обычно, из них извлекается золото крупного и среднего классов, классы от мелкого до дисперсного уходят в "хвосты". Подобное "плавающее" золото в процессе седиментации уносится далеко от волноприбойной зоны. Несмотря на принятое мнение о бесперспективности шельфа Черного моря на современные россыпи золота, нами обоснованы и проведены работы по изучению распределения в голоценовых морских осадках "плавающего" тонкого золота. Благодаря применению прогрессивных методов обогащения проб удалось выявить наличие золота в большинстве из 830 отобранных проб. Определены геоморфологические, литологические, гидродинамические и другие контролирующие золотонность факторы. В ряде случаев концентрации золота превышают минимально-промышленные для континентальных россыпей. Выделены перспективные участки для дальнейших исследований. Установлено, что тонкое золото полигенно: как минимум, можно выделить кластогенный, аутигенный и кластогенно-аутигенный генетические типы. Аллювиальные, лагунно-морские, лиманные и др. отложения прилегающей суши разного возраста также, по нашим данным, содержат существенные количества тонкого золота. Предварительные результаты исследования проб океанских донных осадков района Антарктического полуострова и Аргентинской котловины подтвердили тезис о возможности накопления тонкого золота в различных фациальных условиях. Здесь также в 82% проб выделено видимое под микроскопом золото, преимущественно кластогенного типа. Полученные результаты свидетельствуют о глобальности процессов накопления тонкого "плавающего" золота в бассейнах седиментации в разные геологические эпохи и могут послужить основой для углубленного изучения этой проблемы в различных регионах.

Известно, что доля россыпного золота в общей добыче стран-производителей достаточно высока: перед распадом СССР здесь из россыпей добывалось до 45% всего золота, а во всем мире – до 50% [Россыпные месторождения..., 1997]. При этом среди промышленных типов россыпей прибрежно-морские россыпи занимают довольно скромное место: по тем же данным, из них в России добывается от 8.4 (1976–1980 гг.) до 4.3% (1986–1990 гг.) металла.

Основным типом таких шельфовых месторождений в Арктической и Дальневосточной провинциях России являются погребенные современными морскими осадками верхнечетвертичные аллювиальные или пляжевые россыпи. Традиционно из них добывается обогащаемое гравитационными методами золото крупностью более 0.25 мм, а неизвлекаемое этим способом весьма мелкое и тонкое золото, не говоря уже о тонкодисперсном, сорбированном, находящемся в виде металлоорганических комплексов и др., уходит в "хвосты". Между тем во многих россыпных месторождениях содержание мелкого, тонкого и тонкодисперсного золота составляет до 50%, а иногда и больше.

Еще в прошлом веке известный металлург П.П. Аносов показал, что на многих Уральских

россыпных месторождениях путем промывки извлекается всего 1% золота. По данным последних лет, извлекаемое из россыпей крупное "гравитационное" золото составляет обычно не более 5–10% его общей массы. Таким образом и появился в недавнее время новый промышленный тип золота – техногенный (10–17% суммарной добычи), включающий в себя отвалы и отходы разнообразных горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, в том числе и отвалы гравитационного обогащения золоторудных россыпей.

Таким образом, проблема поисков россыпей с мелким и тонким золотом и разработка технологии его извлечения в последнее время приобрела большую актуальность, особенно для Украины, испытывающей недостаток в ресурсах благородных металлов. В 1993 г. отраслевая лаборатория морской геологии и геохимии Одесского госуниверситета выдвинула идею о возможности образования на обширном Азово-Черноморском шельфе россыпей тонких ценных минералов, в первую очередь – золота. Исходными позициями для такого утверждения служили: данные о длительном существовании интенсивного сноса терригенного материала с окружающего Черноморский бассейн разнообразных пород суши; данные о наличии на шельфе Черного моря непромышленных пляже-

вых россыпей черных металлов и редкометалльных россей проявлений; единичные находки знаков золота и алмазов на пляжах; наличие в шельфовых донных осадках спектралометрических аномалий; теоретическая разработка модели механизмов транспортировки, сепарации и отложения россыпеобразующих минералов в условиях трансгрессивно-регрессивного режима развития бассейна Черного моря [Полканов и др., 1970; Сиденко и др., 1979; Лунев, 1976; Лунев, Осовецкий, 1979]. До этого момента господствовало мнение, выраженное в одном из последних обобщений по полезным ископаемым Черного моря [Геология шельфа..., 1983]: современные морские россыпи Черного моря не могут представлять промышленного интереса, в связи с чем рекомендуется сосредоточить усилия на поисках погребенных древних россыпей.

По заданию Госкомгеологии Украины нами проведены ревизия и обобщение материалов по Северо-Западному шельфу Черного моря и морские экспедиционные работы. Основные задачи исследований:

- 1) разработка методики представительного опробования различных донных осадков шельфа и выбор способов полного извлечения мелкого, тонкого и пылеватого "плавающего" золота;
- 2) оценка перспективности на накопление россыпей тонкого золота различных морфоструктурных элементов, как современных, так и погребенных (дельты, пляжи, косы, бары, палеотеррасы, палеолиманы, палеоруслу рек, слабонаклонные равнины внутреннего шельфа);
- 3) определение наиболее продуктивных для накопления мелкого, тонкого и пылеватого золота гранулометрических разностей донных отложений.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМЫ РАБОТ

Полевые (морские) работы проводились в 1993–1996 гг. на научно-исследовательских судах "Топаз", "Аргон" и "Владимир Паршин" в акватории Северо-Западного шельфа Черного моря. Распределение станций по площади исследований неравномерное, вызванное необходимостью первоочередного опробования известных по результатам геолого-съемочных работ золотоспектретрических аномалий (до 0.03 г/т) и намеченных нами перспективных палеогеоморфологических структур. Привязка судна с точностью не менее 50 м осуществлялась с помощью радиогидродезической системы "Поиск-Д" и СНС. Пробы отбирались вибропрорешивной грунтовой трубкой ПЭВ-4 диаметром 108 мм. с длиной керноприемника 4 м. изредка – дночерпателем "Океан-0.25". За период полевых работ отработано 590 станций пробо-

отбора. в основном на участках Одесский залив. Сухой лиман. Затока, Жебриянская бухта, Тендра, Праднэпровский, Одесская банка, Каркинитский залив, Придунайский район, район о-ва Змеиный, Севастопольский район. Пробы донных осадков отбирались преимущественно из голоценовых отложений черноморского горизонта, в меньшем количестве – из подстилающих новозвксинских отложений. Интервал опробования в среднем равнялся 1 м, глубины моря – от 6 до 95 м. Вес пробы – от 2 до 20 кг, в среднем – 12 кг. Опробовались секционно все литологические разности, даже те, которые обычно не подвергаются шихловому опробованию при поисках и плановой геологической съемке шельфа: пелито-алевритовые и алевритовые илы, мелкие алевриты, смешанные псаммито-алеврито-пелитовые осадки, вплоть до считающихся совершенно бесперспективными ракушников и детрита (выбирались илистые разности).

Выбор методики полного улавливания всех классов золота, вплоть до пылевидного, был сделан на основе анализа известных способов гравитационного обогащения. Еще в начале 60-х годов появились первые публикации, свидетельствующие о высоком извлечении мелких рудных минералов на винтовых сепараторах и винтовых шлюзах за счет использования центробежных сил в ламинарном потоке пульпы [Иванов, 1962; Лунев и др., 1968]. Позже появились серия работ, касающихся широкого круга вопросов концентрации мелких минералов в природных условиях и методических приемов обогащения шихловых проб [Лунев, 1976; Лунев, Осовецкий, 1979; Кардаш, 1981 и др.]. На этой основе нами был выбран принцип гравитационного обогащения на винтовом шлюзе конструкции В.Д. Иванова, позволяющем, согласно данным автора, улавливать тяжелые минералы размером до 0.017 мм [Иванов, 1990]. На первом этапе исследований в двух районах шельфа 41 проба обогащалась и амальгамировалась на винтовой установке СИИПП "Товерла" (В.Т. Кардаш). Затем в институте Иргиредмет (г. Иркутск) был приобретен основной элемент винтового шлюза, на его базе нами смонтирована винтошлюзовая установка, изготовлено оборудование для амальгамирования и дезамальгамации. После выделения концентрата из него извлекалось свободное золото методом амальгамации, при этом часть концентратов амальгамовалась в Институте минеральных ресурсов (г. Симферополь, П.И. Андреев). Пробы исходных осадков анализировались пробирным методом в лаборатории благородных и редких металлов (ИГМР НАН Украины, А.А. Юшин). В аналитический комплекс входили также определение влажности, гранулометрический анализ, минералогический анализ, атомно-абсорбционный и другие анализы.

После получения положительных аналитических результатов были развернуты широкомас-

штабные прогнозно-геологические работы во всех перечисленных выше районах. Результаты оперативных исследований полученного материала позволили выделить два наиболее перспективных участка, на которых были проведены работы с пробным отбором по регулярной сети 4800 × 1600 м. со сгущением в зонах повышенных концентраций до сети 2400 × 800 м. Всего до 1997 г. на 590 станциях была отобрана 971 проба. Для выяснения вопроса об источниках морского золота, имея в виду промежуточные коллекторы, был также опробован 31 разрез ныне сухопутных естественных и искусственных обнажений пород аллювиального, лагуно-морского, озерно-лиманного генезиса в террасах рек, лиманов, на пляжах междуручья рек Днестр-Южный Буг. Здесь отобрано 115 бороздовых проб из псаммитовых, алевритовых, реже пелитовых отложений от верхнечетвертичного до плиоценового возраста.

Для проверки гипотезы о глобальной процессивной миграции и накопления "плавающего" золота нами отобраны и проанализированы пробы донных осадков шельфа и континентального склона Антарктического полуострова и северной части Аргентинской котловины. Работы по пробоотбору проводились с борта НИС "Эрнст Кренкель" во время проведения морских геологических исследований в период Первой Украинской Антарктической экспедиции (1997 г.). Пробы донных осадков отбирались прямооточной ударной грунтовой трубкой диаметром 127 и 158 мм, в отдельных случаях – дночерпателем "Океан-0.25". Станции пробоотбора располагались в районе архипелага Арджентайн вблизи Украинской полярной станции "Академик Вернадский" (2 станции), в проливе Брансфилда вблизи Южных Шетландских островов (2 станции), на шельфе Южных Оркнейских островов (4 станции) и в северной части Аргентинской котловины на широте поднятия Риу-Гранди (1 станция). Глубины океана в точках отбора составляют от 33 до 250 м на шельфе, 305–808 м в пределах континентального склона, а в Аргентинской котловине – до 3450 м. Опробовался верхний слой донных осадков на глубину до 2.6 м. Вес отобранных проб составляет от 0.3 до 14.3 кг.

#### ТОНКОЕ И МЕЛКОЕ ЗОЛОТО НА ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Результаты анализа первой партии проб, отобранных в Одесском заливе и южнее Тендровской косы, показали почти повсеместную загрязненность донных осадков золотом: из 41 пробы золото обнаружено в 31 пробе, в том числе значительные количества (до 20 знаков) – в 13 пробах, весовые содержания – в 18 пробах, при этом концентрации >0.1 г/м<sup>3</sup> – в 7 пробах, а максимальное содержание составляет 0.538 г/м<sup>3</sup> [Лебедь и др., 1994; Резник и др., 1994, 1995]. Дальнейшие иссле-

дования по площади шельфа от устья Дуная до Севастопольской бухты позволили выделить наиболее перспективный участок – "Праднэпровский", располагающийся в пределах ложа и склонов палеолимана р. Днестр, заложеного в ранне-новозвксинское время. На этом участке по данным пробирного анализа золото обнаружено во всех пробах, при этом в фоновых количествах (<0.010 г/т) золото содержится в 12.6% проб, концентрации менее 0.020 г/т отмечаются в 40% проб, более 0.1 г/т – в 16% проб, а содержания выше 3 г/т встречаются в 4.7% проб (25 случаев). Максимальные величины концентраций свободномальгамируемого золота – 1.126 г/м<sup>3</sup>. Средневзвешенное по мощности содержание золота по участку "Праднэпровский" составляет 0.436 г/т при средней мощности 0.81 м. Несколькими менее перспективными оказались участки "Одесский залив", "Тендра" и др. Тем не менее на пяти участках выделены устойчивые аномальные зоны общей площадью в первые сотни км<sup>2</sup>, оконтуриваемые изолинией 0.2 г/т, располагающиеся в большинстве случаев на реликтовых, перекрытых голоценовыми морскими отложениями, поверхностях древних речных и лиманных террас и в затопленных праруслу рек. По этим аномалиям нами подсчитаны перспективные и прогнозные ресурсы золота и сопутствующих благородных металлов.

Проведенные работы по опробованию современных и древних речных и лиманных террас на суше также показали присутствие в разновозрастных лиманно-аллювиальных отложениях тонкого золота до 0.155 г/м<sup>3</sup> (до 0.380 г/т по пробирному анализу) в бассейне Днестра, до 0.053 г/м<sup>3</sup> (до 0.120 г/т по пробирному анализу) в террасах Южного Буга, хотя в общем золотоносность терригенных отложений ниже морских.

На основании результатов полевых и аналитических работ нами выдвинуто предположение о наличии на шельфах морей Украины нового перспективно-промышленного типа россыпей золота. При этом слагающее указанные россыпи свободное мелкое, тонкое и пылеватое золото фиксируется по всему опробованному разрезу голоценовых отложений, а также в отложениях меотического (?) возраста на глубинах до 28.0 м от поверхности дна [Лебедь и др., 1994; Резник и др., 1994]. Учитывая повышенные концентрации золота в континентальных фациях, можно говорить о существовании на южном склоне Украинского шита Азово-Черноморской золотороссыпной провинции, охватывающей как шельфы, так и прилегающую сушу. Представляет также интерес тот факт, что практически в половине проб по данным пробирного анализа содержится палладий, концентрация которого достигает 0.125–0.200 г/т, и другие необычные для золота примеси.

Вопрос о формах миграции и накопления золота в морских условиях, вне пределов обычной концентрации его в аллювиальных дельтовых, лиманных, прибрежно-пляжевых россыпях, невозможно решить без учета всех геологических, минералогических, гидродинамических, физико-химических факторов седиментации. На данном этапе исследования можно утверждать, что обнаруженные нами россыпи тонкого золота, расположенные в пределах периодически затопляемого и осушающегося шельфа, являются образованиями дальнего сноса "плавающего" золота, накапливающимися в современных и плейстоценовых морских осадках вдали от береговой линии, под ведущим контролем морфоструктурной обстановки и связанной с ней гидродинамики. Наибольшее число станций с высокими содержаниями золота приурочено к подводным долинам рек, подводным (затопленным) лиманам, затопленным устьям и террасам рек, а также к понижениям дна на ровных участках внутреннего шельфа, где создается застойный гидродинамический режим. По нашему мнению, в зоне активных волноприбойных процессов и вдольберегового перемещения наносов россыпи тонкого и мелкого золота не могут образоваться; "плавающее" золото выносится в более глубокие части шельфа и осаждается в седиментационных ловушках, контролируемых гидродинамическими и геоморфологическими факторами.

Совершенно явно присутствует и литологический контроль распределения золота. Так, самые высокие концентрации золота связаны с плохо сортированными раковинными пелито-песчано-алеуритовыми осадками, а по мере улучшения сортировки осадков (более активный гидродинамический режим) и переходе от трех-четырёх-компонентных к однокомпонентным разностям псаммитовой размерности содержание в них золота закономерно снижается. Это хорошо согласуется с результатами исследований поведения тонкого и мелкого золота в процессе его транспортировки в водной среде [Шпунт, Шамина, 1977; Карлаш, 1981; Ковальчук, 1994] как в природных, так и в экспериментальных условиях. Установлено, что повышение плотности среды способствует транспортировке мелкого, тонкого, пылеватого и тонкодисперсного золота на значительные расстояния.

Таким образом, следует ожидать, что речными водами вместе со взвесью такое золото будет переноситься на расстояние до сотен километров в глубь шельфа, а мутьевыми потоками по палеодолинам и подводным каньонам золото может распространяться на континентальный склон и, вероятно, в глубоководную впадину Черного моря. Что касается растворенной и коллоидной форм переноса золота речными водами, то в таком виде золото способно мигрировать практически на неограниченное

расстояние, преобразуясь в минеральную форму лишь на различных геохимических барьерах.

Для детального изучения золота самые крупные его частицы извлекались из концентрата перед амальгамированием, более мелкие, на пределе визуального определения, снимались с фильтров под бинокляром после дезамальгамации. Золото относится в основном к классам от мелкого до пылевидного, диапазон размеров зерен – от 0.005 до 0.5 мм, преобладают золотины размера 0.01–0.03 мм (рис. 1). Вероятно, определенная доля золота сосредоточена в классе ниже 0.005 мм, но под микроскопом этот класс лишь угадывается. Форма золотинок является важным признаком для установления их генезиса и характера транспортировки. Нами при изучении более 300 знаков золота установлено, что в образовании скоплений золота участвуют по крайней мере три его морфогенетических класса [Резник, Зрелов, 1997]:

1) кластогенное (терригенное) золото с округленными, окатанными, уплощенными формами индивидов, иногда с вростками кварца;

2) аутигенное золото, частицы которого имеют либо идеально сферическую, либо лепешковидную, либо гроздьевидную формы, или имеют элементы роста *in situ* кристаллографической огранки;

3) кластогенно-аутигенное золото, в котором присутствуют следы наращивания металла на явно обломочных частицах в постседиментационную стадию.

Некоторые наблюдения позволяют предполагать возможность обнаружения золота и других генетических типов – биогенного, микробиологического, субмаринно-гидротермального, техногенного и др. Выделение нами механизмов миграции и образования нетрадиционных генетических типов золота (аутигенного, биогенного и др.) находит подтверждение в ряде публикаций, где показывается, что золото в зоне гипергенеза обладает высочайшей миграционной способностью в виде тонкодисперсных частиц, истинных и коллоидных растворов [Пашкова и др., 1988; Таусон и др., 1989; Царькова и др., 1993]. Выпадение в осадок подобных форм золота в виде самородных частиц происходит, по мнению этих авторов, на геохимических барьерах типа река–море, при воздействии органического вещества, в результате микробиологических процессов, избирательной коагуляции, при разрушении металлоорганических комплексов, при сорбции гидроксидами железа и прочих подобных процессах.

#### ТОНКОЕ ЗОЛОТО В ДОННЫХ ОСАДКАХ АНТАРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И В ОКЕАНСКИХ ОСАДКАХ

Описанные выше механизмы миграции и накопления тонкого и пылевидного золота действуют в любое геологическое время и присущи

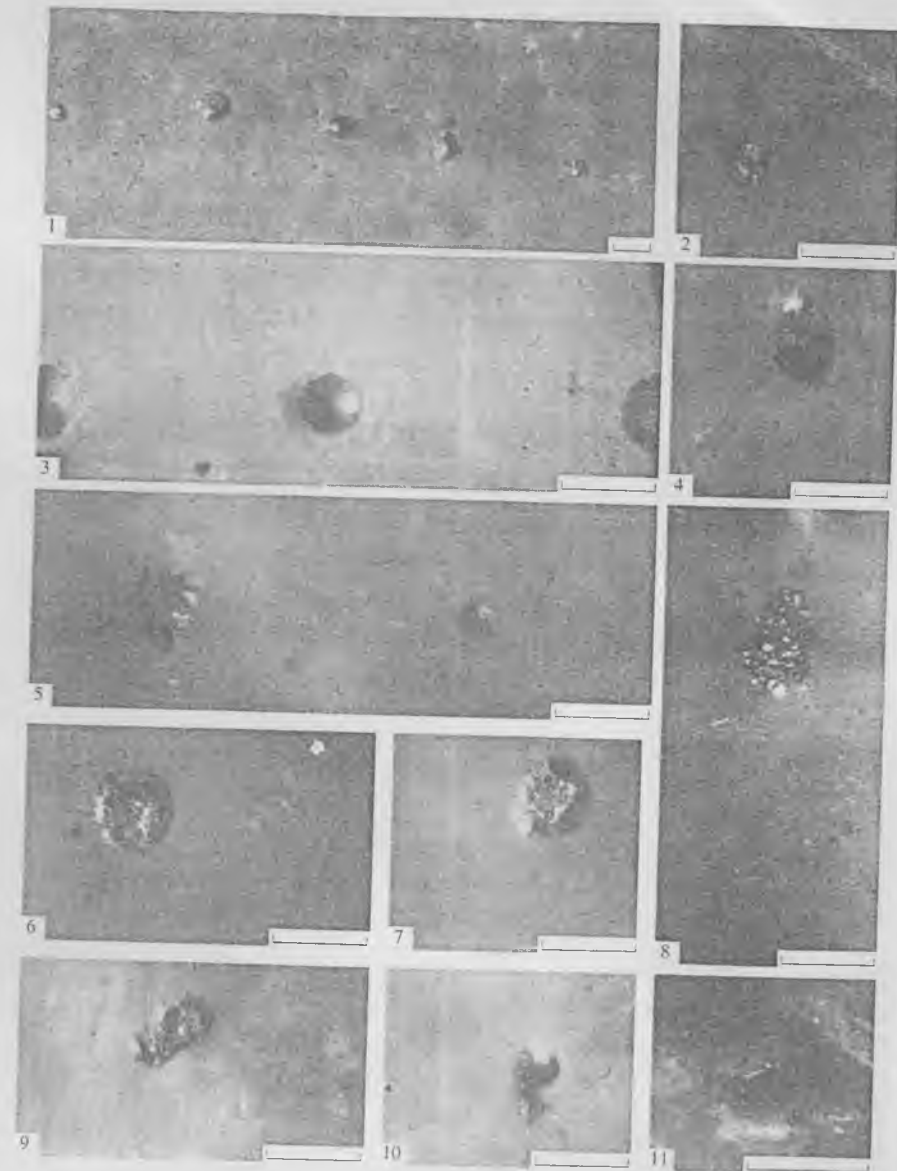


Рис. 1. Формы золота из донных осадков шельфа Черного моря. 1–8 – район Тендровской косы; 4 – зерно с включением кварца размером 0.01–0.02 мм; 9, 10 – обрывы Тятигульского лимана; 11 – палеодлина Днепра. Масштабная метка соответствует 0.1 мм.

любому водному бассейну, вне зависимости от временной и географической привязки. В регионе Антарктического полуострова нами получены в основном смешанные осадки ледово-морского и айсбергового генезиса, представленные биогенными кремнистыми (диатомовыми) пелито-алевритовыми илами и песчанистыми алевритами с большим содержанием терригенного обломочного песчано-галечного-гравийного материала, представленного продуктами дезинтеграции эффузивных, пирокластических, интрузивных пород близлежащей суши, а в песчаной фракции включающего значительное количество темноцветных и рудных минералов. Отмечается присутствие небольшого количества биогенных карбонатов. Океанские осадки станций в Аргентинской котловине представлены карбонатными биогенными (фораминиферовыми) и терригенными илами.

После гравитационного обогащения антарктических осадков на винтовом шлюзе и последующей обработки полученных концентратов, амальгамированием в 8 из 9 точек пробоотбора (в 9 из 11 концентратов) было выделено видимое под микроскопом (при увеличении в 30 раз) свободное золото. "Шадящий" режим амальгамации позволяет сохранить морфологические особенности золотин, что дает возможность суждения о его генезисе и путях транспортировки. В каждой из проб обнаружено от 1 до 9 знаков золота размерами от 0.017 до 0.110 мм, а также множество мельчайших его осколков на границе оптического обнаружения. Форма зерен резко отличается от золотин Черноморского шельфа: в основном это веретенообразные, дендритовидные и пластинчатые зерна, встречаются также таблички и зерна с "рваными", оплывчатыми краями (рис. 2). На некоторых зернах отмечаются остатки первичных кристаллических форм – четко выраженные грани. Следов транспортировки на зернах практически не видно, несмотря на то что это золото носит явно терригенный характер. Это свидетельствует, скорее всего, о ледовом переносе золотин и близком расположении источников сноса. Отмечаются некоторые различия в морфологии золота, полученного из осадков разных районов.

Так, в одной из проб, отобранных вблизи станции "Академик Вернадский", представленной терригенным бескарбонатным пелито-алевритовым илом с мелким щебнем, в интервале 0–0.25 м обнаружено золото веретенообразной формы размерами около 0.030 мм. В этой же пробе отмечается очень высокое содержание тяжелой фракции – до 26.8 кг/м<sup>3</sup> и самое высокое в исследованном районе содержание магнетита – до 3.74 кг/м<sup>3</sup>.

В районе глубоководного желоба пролива Брансфилда южнее Южных Шетландских островов с глубин 590 и 750 м были отобраны две пробы донных осадков, интервалы опробования 0–

0.25 и 0–1.45 м. Осадки сложены пелитовыми и пелит-алевритовыми илами с обломками пород, со следами перемыва и переотложения, а также с пустотами газовой выделений, что может косвенно свидетельствовать о резко переменном гидродинамическом режиме участка. В пробе весом всего 0.3 кг обнаружено 3 знака золота пластинчатой, листоватой, а также оплывчатой, округлой формы с вмятинами, что может быть связано с их дальним переносом. Размеры золотин 0.033 × 0.017, 0.042 × 0.012 и 0.042 × 0.021 мм. Возможно, здесь следует ожидать высоких содержаний золота: приближенный весовой расчет по 3 видимым золотинам дает концентрацию не ниже 0.1 г/т. В пробе весом 14.3 кг выделено 9 знаков пластинчатого тонкого золота с "рваными", зазубренными краями; размеры золотин от 0.033 до 0.050 мм. Здесь же встречено дендритовидное золото размером более 0.040 мм. Содержание тяжелой фракции в пробах достигает 20 кг/м<sup>3</sup>, а магнетита – 3.09 кг/м<sup>3</sup>. В районе Южных Оркнейских островов пробы получены с глубин моря от 125 м до 808 м. Поднятые осадки – пелитовые слабалаевритистые илы с терригенными обломками. В каждой из 4 проб (их вес от 5.0 до 12.7 кг) обнаружено от 2 до 6 знаков золота размерами от 0.017 мм до 0.110 мм. Форма золотин дендритовидная и пластинчатая с "рваными" краями и шагреновой поверхностью, на одной из золотин видна четкая кристаллическая грань. Тяжелой фракции в этих осадках – до 34 кг/м<sup>3</sup>, магнетита – до 1.56 кг/м<sup>3</sup>.

Прилегающая к районам отбора проб донных осадков суша, представленная Антарктическим полуостровом и архипелагами вулкано-островной дуги Скоша, в целом относится к Западно-Антарктической складчатой системе и входит в Тихоокеанский подвижный пояс. Фундамент островов дуги Скоша сложен верхнепалеозойскими метаморфическими породами, перекрывается он кислыми вулканитами юрского возраста. В районе архипелага Арджентайн (станция "Академик Вернадский") развиты кислые и средние разности эффузивных и пирокластических пород, прорванные меловыми гранитоидными интрузиями. Во время проведения рекогносцировочных геологических маршрутов по островам Арджентайн и на отдельных участках побережья Антарктического полуострова нами отмечено широкое развитие разрывной тектоники, зон трещиноватости, обохривания, отбеливания, окварцевания (до образования вторичных кварцитов), пиритизации, множество кварцевых и пегматитовых жил, местами вмещающих желваки и гнезда магнетита, гематита, сульфидов размером до 20 см [Резник, 1997]. Видимо, именно такие рудопроявления магнетита служат источником его высоких концентраций в опробованных осадках. По аналогии с поведением магнетита, возможно накоп-

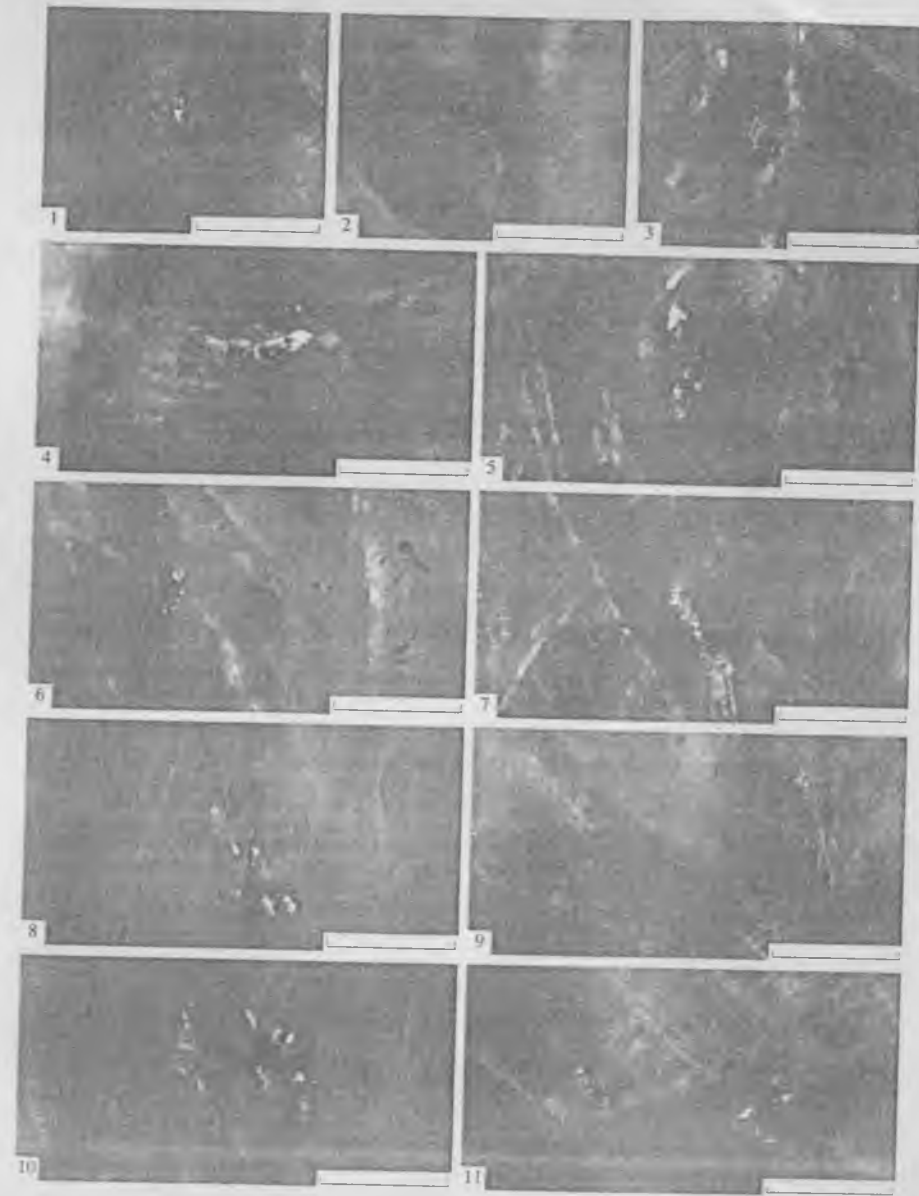


Рис. 2. Формы золота в донных осадках Антарктического шельфа и Аргентинской котловины. 1–7 – район Южных Оркнейских и Южных Шетландских островов; 8–11 – Аргентинская котловина. Масштабная метка соответствует 0.1 мм.

ление и других ценных рудных минералов тяжелой фракции.

Широкое распространение золота в исследованных пробах доказывает, что район с такой напряженной тектоно-магматической обстановкой является потенциально золотосным, выступает как возможный источник морского тонкого золота, и поэтому требует внимательного изучения с целью обнаружения коренной золоторудной минерализации.

В северной части Аргентинской котловины были подняты донные осадки с глубины океана 3450 м. Глубина опробования составляет 2,6 м, осадки представлены пелитовыми и алевро-пелитовыми илами. По разрезу они изменяются от биогенного фораминиферового карбонатного ила (интервал 0–0,4 м) до совершенно бескарбонатного серого терригенного ила с пятнами гидротриплита, разделенных зоной размыва – вероятно, перерыва в осадконакоплении. В двух пробах весом 5,2 и 6,6 кг обнаружено 16 знаков золота веретенообразной и дендритовидной формы, размер их колеблется от 0,010 мм до 0,070 мм (см. рис. 2), при этом вниз по разрезу количество золота увеличивается. Концентрация золота в нижнем интервале ориентировочно, по подсчету объемов зерен достигает 0,055 г/т. Изучение тяжелой фракции этих осадков под бинокуляром показало, что в нижнем интервале колонки наблюдается активное замещение органических остатков пиритом и гидроксидами железа, что может быть вызвано изменениями физико-химических условий среды под воздействием пульсирующей субмаринной разгрузки гидротермальных растворов. Если учесть исключительно веретенообразную и дендритовидную форму золота, отличную от пластинчатых с “рваными” краями золотин района Антарктического полуострова, отсутствие терригенных признаков золотин, большую глубину океана, а также высказанное нами ранее предположение о перспективности поднятия Риу-Гранди для образования гидротермальных руд, можно сделать вывод о вероятной генетической связи обнаруженного золота с субмаринной гидротермальной разгрузкой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Скопления мелкого, тонкого и пылеватого золота, обнаруженные нами на шельфе Черного моря, не являются чисто местными образованиями, присущими определенной провинции в связи с какими-то ее особыми условиями. Скорее всего, этот процесс контролируется глобальными закономерностями, среди которых основные – наличие сноса золота из питающих провинций окружающей суши (площадной смыв либо, как показано для Антарктики, ледниковая и ледовая транспортировка), колебания уровня бассейна седиментации, активно-

переменный гидродинамический режим с возникновением застойных вихреобразных структур. Наличие благоприятных для осаждения золота геоморфологических ловушек, существование геохимических барьеров, благоприятствующих переходу золота из коллоидной или растворенной форм в минеральную, и др.

Проведенными исследованиями показано, что концентрации золота в донных осадках достигают и превышают минимально-промышленные для континентальных россыпей. Таким образом, проблема изучения морского тонкого золота приобретает не только научное, но и прикладное значение. При этом необходимо учитывать, что промышленное освоение морских месторождений золота не требует отчуждения дефицитных территорий, нарушения ландшафтов и их восстановления после отработки, сноса строений, строительства дорог и другой инфраструктуры и т.п. Добыча рудного материала также упрощается из-за отсутствия необходимости вскрышных или шахтных работ; рудовмещающие породы (донные осадки) будут извлекаться сразу в дезинтегрированном виде, а технология извлечения металла, вероятно, будет значительно упрощена и улучшена за счет применения современных гравитационных и флотационных методов обогащения.

Отсюда вытекает необходимость развертывания дальнейших целенаправленных поисковых работ на обнаружение россыпей тонкого морского золота в различных регионах. Первоочередными задачами дальнейших исследований по этой проблеме должны стать: теоретическое моделирование процессов миграции и концентрации тонкого, дисперсного, коллоидного, растворенного золота в морских условиях; детальное изучение рудоконтролирующих факторов, в том числе геоморфологических, гидродинамических, гидрохимических, литолого-фациальных и др. Необходимо проведение ревизии материалов по россыпеобразованию на шельфе современных и древних водоемов и на прилегающей суше, внедрение в практику геологических работ прогрессивных методов поисков, отбора и обработки проб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Геология шельфа УССР. Твердые полезные ископаемые / Под ред. Шнюкова Е.Ф. Киев: Наукова думка, 1983. 198 с.
- Иванов В.Д. Концентрация шламовых и тонкозернистых руд и песков на винтовом шлюзе // Горный журнал. 1962. № 5. С. 60–63.
- Иванов В.Д. К вопросу эксплуатации малогабаритных винтовых аппаратов при шлюховом опробовании песков россыпных месторождений. Иркутск: ИРГИРедмет. 1990. 18 с.
- Кардаш В.Т. Гравитационная дифференциация минералов при образовании аллювиальных россыпей // Со-

став, происхождение и размещение осадочных пород и руд. Киев: Наукова думка. 1981. С. 210–217.

Ковальчук М.С. Формы транспортировки и накопления золота в нижнемеловых континентальных отложениях северного склона Центральной части Украинского щита // Геол. журнал. 1994. № 3. С. 107–111.

Лебедев Н.И., Резник В.П., Мудров И.А. и др. О новом типе россыпной минерализации на шельфе Черного моря // Геол. журнал. 1994. № 3. С. 121–126.

Лунев Б.С., Осовецкий Б.М., Тюрин Б.М. Изучение принудительной дифференциации осадков россыпи золота с применением винтового шлюза // Аллювий. 1968. Вып. 10. № 170. С. 43–47.

Лунев Б.С., Осовецкий Б.М. Методика поэтапного изучения мелкого россыпного золота // Кольма. 1979. № 11. С. 36–37.

Лунев Б.С. К методике поисков мелких ценных минералов // Аллювий. 1976. С. 71–81.

Пашкова Е.А., Данилова Е.А., Люцарев С.В., Левитан М.А. Золото и органическое вещество в голоценовых осадках Берингова моря // Литология и полез. ископаемые. 1988. № 5. С. 101–110.

Полканов Ю.А., Яловенко И.П. О находках золота в прибрежно-морских и лиманных песках северо-западного побережья Черного моря // Докл. АН СССР. 1970. Т. 191. № 4. С. 905–908.

Резник В.П., Мудров И.А., Лебедев Н.И. Перспективные находки россыпного золота на Северо-Западном шельфе Черного моря // Геология морей и океанов: Тез. докл. 11 Междунар. школы морской геологии. М., 1994. Т. II. С. 240.

Резник В.П., Мудров И.А., Лебедев Н.И., Главацкий В.И. Новые данные о перспективности шельфа Черного моря на россыпи золота // Исследования

шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна. Севастополь: МГИ НАНУ, 1995. С. 132–140.

Резник В.П., Зрелов А.В. Морфология и генезис тонкого морского золота на некоторых участках Северо-Западного шельфа Черного моря // Геология морей и океанов: Тез. докл. XII Междунар. школы морской геологии. М., 1997. Т. I. С. 141–142.

Резник В.П. Предварительные данные о геологическом строении района станции “Академик Вернадский” // Геология морей и океанов: Тез. докл. XII Междунар. школы морской геологии. М., 1997. Т. II. С. 100–101.

Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Под ред. Лаврова Н.П., Патык-Кара Н.Г. М.: Научный мир. 1997. 479 с.

Сиденко О.Г., Полканов Ю.А., Яловенко И.П. Алмазы и минералы титана в прибрежных осадках северной части Черного и Азовского морей // Литолого-геохимические условия формирования донных отложений. Киев: Наукова думка. 1979. С. 169–172.

Таусон Л.В., Ломоносов И.С., Глюк Д.С. и др. О возможности образования гидротермальных месторождений золота // Докл. АН СССР. 1989. Т. 305. № 4. С. 960–964.

Царькова А.А., Бирюкова М.В., Лазарева Е.В., Перцов Н.В. К методике фракционирования морских осадков шельфовой зоны для определения в них тонкодисперсного золота // Геохимия. 1993. № 6. С. 879–881.

Шунт Б.Р., Шамшина З.А. О закономерностях распределения тонкодисперсного золота в россыпях Сибирской платформы // Дальность переноса золота при формировании россыпей: Сб. науч. трудов Ин-та геологии Якутского филиала СО АН СССР.