

УДК 550.8: 528.94+551.35+551.79

А.А. Юшин¹, В.М. Присяжный², С.Д. Какаранза², С.В. Пашняк²,
П.В. Семенов², В.А. Волков²

ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПОИСКОВ РОССЫПЕЙ С МЕЛКИМ И ТОНКИМ ЗОЛОТОМ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Причерноморским ГРГП в рамках геолого-прогнозного картирования масштаба 1:200000 проводится изучение потенциала россыпной золотоносности неоген-четвертичных отложений северо-западного Причерноморья. По результатам предварительных опытно-методических работ отработаны технология обогащения на концентраторе "Бегущая волна" и других промприборах. Правильность выбора методик пробоотбора, пробоподготовки, аналитического завершения и комплекса прогнозных факторов были подтверждены выявлением повышенной золотоносности понтических и средне-верхнеплейстоценовых отложений. Выделено два типа золотоносности: весьма мелкого золота, извлекаемого в тяжелые фракции, и тонкого-дисперсного золота, концентрирующегося в алеврито-пелитовых фракциях (шламах).

Постановка задачи

Общеизвестно, что в XX веке в общемировом балансе добываемых благородных металлов (золота и платины) доля металлов, извлекаемых из россыпей, значительно снизилась. Однако, этот тип руд все еще остается весьма важным источником получения дешевого золота, преимущественно достаточно крупного и легко извлекаемого даже примитивными промприборами. Разработка россыпей продолжается в большинстве известных золотороссыпных районов мира [3, 6], а истощение запасов определило рост заинтересованности золотодобывающей промышленности к россыпям с золотом мелких и тонких классов крупности. Это внимание подчеркивается стремительным увеличением в последние 20 лет количества публикаций, посвященных как геологии россыпей с мелким и тонким золотом (МТЗ), так и технологиям их поисков, разведки и эксплуатации.

Особое внимание этой проблеме уделялось еще с 60-х гг. прошлого столетия [23, 28] и уделяется в России [2, 3, 9, 13, 14, 18, 20, 22, 24, 26, 27] и др., где до последнего времени получали от 70 до 80% добываемого в стране золота (126 т в 1989 г с падением до 66,2 т в 1998 и с постепен-

² ©А.А. Юшин, В.М. Присяжный², С.Д. Какаранза², С.В. Пашняк², П.В. Семенов², В.А. Волков²

¹ Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П.Семёненко НАН Украины, г. Киев, Украина.

² Причерноморское государственное региональное геологическое предприятие "Причерномор ГРГП", г.Одесса, Украина.

ным ростом до 100 т к настоящему времени), но отмечается стремительное общее сокращения запасов легко извлекаемого золота в известных россыпях. Исследования в этом направлении значительно интенсифицировались после выявления во многих типах рыхлых отложений Русской платформы и в хвостах обогащения обрабатываемых россыпей субпромышленных и промышленных концентраций золота. Результаты исследований последних лет позволили предположить, что промышленный потенциал мелкого и особо мелкого золота в варианте его попутного извлечения при разработке гравийно-песчаных отложений в различных районах центральной части Восточно-Европейской платформы может быть весьма значительным [18, 23, 26].

В России изучение потенциала МТЗ идет в двух основных направлениях: 1) определение возможного промышленного потенциала россыпного золота в рыхлых отложениях кайнозоя Русской платформы, разрабатываемых в качестве строительных материалов; 2) оценки ресурсов МТЗ в отработанных и обрабатываемых россыпях Урала и россыпных восточных и северо-восточных районов.

Заметим, что для нас особо важным является именно первый аспект — рентабельное извлечение. По оценкам российских исследователей разработка россыпей с мелким и тонким золотом может быть рентабельной начиная с содержаний свободного (извлекаемого) золота 100 мг/м^3 и более. В таком, сугубо практическом аспекте значение тонкого и дисперсного золота как в автономных залежах, так и в платформенных россыпях с МТЗ, определяется их широким распространением в молодых близповерхностных отложениях и, нередко, ассоциацией золота с платиновыми металлами, что существенно повышает общий ресурсный потенциал этих россыпей. Однако, подобные россыпи с действительно “весьма мелким и тонким” золотом остаются все еще мало изученными, а эффективные технологии извлечения тонкого золота еще только разрабатываются.

Понимание сложности существующих технологических проблем при изучении тонкого россыпного золота требует, очевидно, более подробного рассмотрения сути этого широко используемого в настоящее время термина — “тонкое золото”, который многими исследователями понимается по-разному. Исторически сложилось так, что многие десятилетия все классификации россыпного золота по размерам основывались на эмпирических данных шлихового анализа. Именно отсюда ведет происхождение термин “шлиховое золото” — т.е. свободное золото (как правило крупнее 0,25 мм), достаточно эффективно извлекающееся в концентрат примитивными промприборами. Такой подход заложен и в классификации, утвержденной ЦНИГРИ еще в 1988 г, согласно которой в интересующем нас диапазоне крупности выделялись классы: мелкого (0,5-0,25 мм), весьма мелкого (0,25-0,12 мм), тонкого (0,12-0,05 мм), пылевидного (0,05-0,01 мм) и невидимого (менее 0,01 мм) золота.

Однако при эксплуатации россыпей определенные сложности с извлечением золота возникали уже на уровне “весьма мелкого” и, тем более, “тонкого” золота, что нашло свое отражение в таких названиях как

“дисперсное”, “плавучее” золото и т.д. Неоднократно отмечалось, что такое золото не извлекается типовыми разведочными промприборами (Пермь, 2005). Известно также, что при любых технологиях обогащения некоторая часть золота неизбежно теряется и с уменьшением крупности металла потери золота возрастают, а традиционная промывка песков шлюзовыми промприборами приводит к некоторой потере с хвостами частиц золота крупностью даже 0,7–0,315 мм и значительной потере золота крупностью менее 0,315 мм (при содержании золота в илистых шламах 3,2 г/т) [9]. Потери золота тонких классов ранее обычно даже не оценивались. Однако, все вышеприведенные данные относятся к случаям преобладания в россыпях компактных частиц золота, которые даже при крупности менее 0,25 мм достаточно эффективно извлекаются в концентрат, и пока запасы “шлихового” золота в россыпях устойчиво обеспечивали высокие уровни добычи — эмпирические классификации золота по крупности сохраняли свое значение.

Но эти определения не являются достаточно адекватными без уточнения морфологии золота. Повышенное внимание к россыпному золоту тонких классов, обусловленное истощением запасов традиционных россыпей, позволило выявить, что одним из определяющих факторов концентрирования тонкого золота является не линейный размер, а морфология его частиц. Определяющим здесь, очевидно, становится понятие гидравлической крупности, которая прямо зависит от морфологии частиц и оценивается в параметрах равнопадаемости. Отсюда — возникает некоторая двойственность термина “тонкое” золото. Действительно, именно в тонких классах значительную (а иногда и преобладающую) часть золота составляют не компактные (более-менее изометричные, комковатые) частицы, а тонкопластинчатые, чешуйчатые, нередко — разнообразные аутигенные псевдоморфозы. Такие чешуйки или полые псевдоморфозы золота с линейными размерами даже 0,5 x 0,2 мм, но при толщине 0,005 мм будут вести себя в жидкости совершенно не так, как частицы такой же массы, но компактные. Согласно последним данным [4, 8] извлечение тонкого (0,1 мм) компактного золота даже на современных центробежных концентраторах составляет не более 37,3%, тогда как весьма мелко — достигает 66,5–79,8% и более. Естественно, что извлекаемость в концентрат действительно тонкого чешуйчатого и псевдоморфного золота в большинстве случаев является крайне низкой. При этом компактные частицы размером 0,05–0,07 мм (тонкое золото) и чешуйки размером 0,2–0,3 мм (весьма мелкое и мелкое золото) в силу близости коэффициентов равнопадаемости могут накапливаться совместно, но не в концентрате, а в одном из продуктов обогащения (и даже шламах). Как будет показано ниже, эти особенности “тонкого” золота требуют применения особых методических подходов к оценке его общего количества в пробе, прежде всего — на основе определения содержаний золота во всех фракциях обогащения.

Состояние вопроса в регионе Украинского Причерноморья. В первом приближении золотоносность россыпей Украины представляется до-

статочно изученной [12, 15, 31, 34-36] и др. Давно известно о присутствии и специфических особенностях распределения золота и, реже, платиновых металлов в широко распространенных на УЩ и его склонах ильменитовых и циркон-ильменитовых россыпях, среди которых наблюдаются все варианты режима формирования — от элювиальных и ближнего сноса до россыпей дальнего переноса [6, 34, 35]. Так, в концентрациях до 300 мг/т золото отмечается даже в некоторых залежах первичного каолина. Но в большинстве исследованных прибрежно-морских циркон-ильменитовых россыпей концентрации золота не превышают 1–50 мг/т — независимо от дальности переноса рудного материала. Присутствие мелкого золота неоднократно отмечалось в аллювиальных отложениях долин Днепра, Днестра, Южного Буга, “алешкинских песках” левобережья нижнего течения Днепра и других районах [6, 12, 37], где с золотом иногда ассоциирует платина [34-36]. Известны также систематически повышенные концентрации россыпного золота в песках побережья Азовского, особенно в аллювиальных кварцевых песках северного побережья Керченского п-ова: до 0,6 и даже более 1,0 г/т (Шнюков, 1994; Шнюков, Маслаков, 1998 и др.). Считается, что россыпное золото этих районов поступало из областей денудации Приазовского блока УЩ и, возможно, северо-западного Кавказа [16, 32]. Повышенные концентрации золота были также установлены в донных отложениях Азовского моря [15, 31, 33] и северо-западного шельфа Черного моря [15, 21, 31, 35, 36], что позволило Е.Ф. Шнюкову выделить специфическую субширотную Азово-Черноморскую россыпную провинцию.

Однако анализ опубликованных материалов свидетельствует, что практически во всех случаях изученное золото относилось к мелким классам крупности, легко извлекаемым традиционными шлиховыми методами. Действительно мелкое (но — пластинчатое, чешуйчатое и т.п.) и, тем более, тонкое золото, в силу отсутствия адекватных концентрационных установок, в процессе такого обогащения почти полностью терялось [1, 4, 6, 8, 19]. Хотя как раз в запесоченных глинах Акташского месторождения отмечается преобладание именно тонкого “пływучего” золота, содержания которого в отдельных пробах достигают 0,4–0,6 г/т [17]. В результате изучения тяжелых минералов (в первую очередь — золота) в современных и древних прибрежно-морских отложениях северо-западного шельфа Черного моря [15, 21, 31] авторы пришли к выводу, что в образовании россыпепроявлений тонкого золота принимает участие золото различных генетических типов: терригенное (кластогенное), аутигенное (диагенетическое) и, возможно, техногенное. В то же время, соотношения каждого из этих типов золота, характер и масштабы процессов его концентрирования в осадках региона изучены совершенно недостаточно. К сожалению, исследования золотоносности морских отложений ранее не имели достаточного методического и технологического обеспечения и не были поддержаны адекватным финансированием.

Невзирая на отдельные перспективные находки в северном Причерноморье проявлений россыпной золотоносности, исследования в этом на-

правлении оставались в значительной степени фрагментарными. Вместе с тем, выявленная и в определенной степени изученная золотоносность донных отложений шельфа Черного моря довольно определенно указывает на вероятность интенсивного привноса золота, предположительно — мощными гидродинамическими системами Днепра, Дона, Днестра, Южного Буга, Дуная [30]). Поскольку прилегающие к морской акватории участки суши представлялись “транзитным коридором” поступления тяжелых минералов и золота от коренных источников и вторичных коллекторов к морскому бассейну, было естественным ожидать аккумуляции части транзитного золота в определенных типах ловушек среди субаквальных отложений неоген-четвертичного возраста. Это явилось основной предпосылкой постановки систематических геологических исследований в ряде районов Северного Причерноморья, в т.ч. в Крыму и прибрежной части суши, прилегающей к Черному морю и дельтовой части р. Дунай.

С 2002 г. ПричерноморьГРПИ начаты систематические исследования в этом направлении в рамках геологопрогнозного картирования масштаба 1:200 000 (ГПК-200) на площади 10,8 тыс. км² в юго-западной части Одесской области. Основанием для развертывания работ по изучению золотоносности сухопутных разрезов послужили полученные ранее данные [21] о повышенных содержаниях (в отдельных точках до 1 г/т) весьма мелкого и тонкого золота в голоценовых отложениях и донных илах северо-западного шельфа Черного моря.

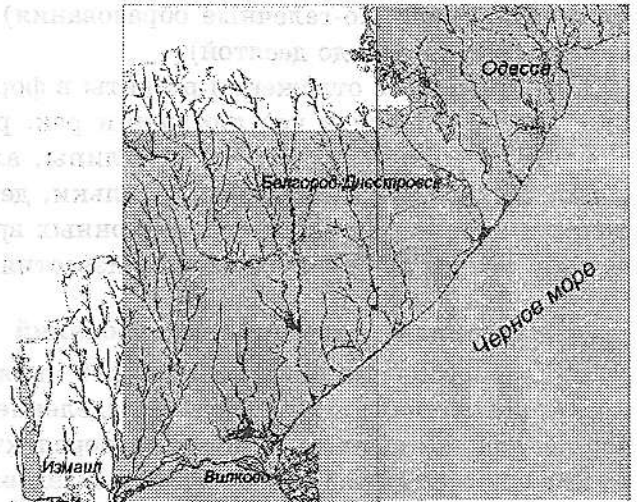
Основными объектами исследований являлись преимущественно разрезы неоген-четвертичных отложений Северо-западного Причерноморья, золотоносность которых ранее была изучена слабо. Следует особо подчеркнуть, что шлиховым опробованием прошлых лет сколько-нибудь значительных проявлений россыпного золота мелких и более крупных классов выявлено не было.

С целью определения наиболее эффективных технологий и методов обогащения проб и анализа продуктов обогащения было предусмотрено проведение опытно-методических работ, в процессе выполнения которых дополнительно к имевшемуся в распоряжении исполнителей винтовому шлюзу Иванова была приобретена установка “Бегущая волна” ПКЦ-300 М (конструкция и изготовление ЦНИГРИ, Россия).

Геологические особенности района исследований. Исследуемая территория расположена в юго-западной части Одесской области (рис. 1).

В орографическом отношении территория относится к Причерноморской низменности и в целом имеет равнинную поверхность с относительно небольшим уклоном в южном направлении. Исключение — северо-западная часть, довольно расчлененная, прорезанная многочисленными речными долинами. Основные дренирующие водотоки — это, в первую очередь, р. Дунай, годовой сток которой превышает 200 км³; р. Днестр — годовой сток 8-9 км³. Западнее долины р. Днестр равнину прорезает ряд малых рек с широкими “древними” долинами до 2 км и незначительным стоком. По южной границе исследований расположен ряд крупных лиманов и озер-лиманов, как имеющих прямую связь с Черным морем, так и

Рис.1. Обзорная карта района работ



отделенных пересыпями. Наиболее крупный — Днестровский, с площадью водного зеркала 360 км², самый маленький — Бурнас — 23 км².

Исследуемая территория является западным флангом широтной Азово-Черноморской россыпной провинции [31-33], включающей Азовское море и северо-западный шельф Черного моря и прилегающие районы суши с характерным широким распространением цирконий-ильменитовых россыпей. Поскольку последние представлялись “транзитным коридором” поступления тяжелых минералов и золота от коренных источников и вторичных коллекторов к морскому бассейну, было естественным ожидать аккумуляции части транзитного золота в определенных типах ловушек среди субаквальных отложений неоген-четвертичного возраста.

На площади работ наиболее древние породы — отложения верхне-сарматского подрегиояруса, выходящие на поверхность в северо-восточной части на склонах Хаджибейского лимана. Представлены они осадками мелководного морского бассейна: преимущественно глинами с линзами и прослоями известняков, алевроитов, ракуши, мелко- и тонкозернистых песков. Отложения меотического региояруса общей мощностью до 70 м распространены практически повсеместно, вскрываются многочисленными современными эрозионными врезами. Представлены преимущественно глинами с прослоями алевроитов, мелко- и тонкозернистых песков. Понтический региоярус представлен морскими и отложениями новороссийского подрегиояруса, сложенными мелководными осадками: известняками, глинами, алевроитами, песчаниками, мергелями. В северо-западной части района работ мощность этих отложений достигает 90 м. Киммерий-куяльницкие слои (глины, пески, алевроиты) встречаются фрагментарно и выходят на дневную поверхность на склонах лиманов.

Плейстоценовые и эоплейстоценовые отложения плащеобразно либо с размывом залегают на всех более древних отложениях. Субаэральные отложения представлены эолово-делювиальными и элювиально-делювиальными суглинками, глинами, реже супесями. На отдельных участках (вдоль правого берега Днестровского лимана) развиты существенно эоловые тонко- мелкозернистые пески. Субаквальные образования представлены аллювиальными и озерно-аллювиальными осадками (пески, глины,

алевриты, гравийно-галечные образования) слагающими надпойменные террасы (от первой до десятой).

Голоценовые отложения развиты в форме морских пляжей, береговых валов, пляжей и кос лиманов и рек, разнообразных аллювиально-морских и эоловых образований (глины, алевриты, илы, пески разной зернистости с примесью гравия, гальки, детрита). В голоценовых отложениях склонов и подножий эрозионных врезов преобладают суглинки, супеси, пески, глины с обломками известняков, песчаников.

Материалы и методика исследований

Главной целью работ по ГПК-200 являлось выявление зон и участков концентрирования золота, определение основных закономерностей его локализации, прогнозирования перспективных площадей для постановки поисковых работ. Объектом исследований были разнотипные осадочные породы, в составе которых по аналогии с другими районами Азово-Черноморской россыпной провинции можно было ожидать присутствие россыпей с весьма мелким, тонким и тонкодисперсным золотом. Основными материалами для исследований служили пробы из рыхлых неоген-четвертичных отложений, отбираемые в естественных обнажениях, карьерах и, частично, керна скважин.

Как известно, эффективность изучения золотоносности рыхлых осадочных пород во многом зависит от методической правильности отбора проб, пробоподготовки и анализа полученных продуктов обогащения. Как было показано выше, приводимые в литературе характеристики золотоносности молодых отложений склонов Украинского щита отражают преимущественно уровень концентраций "шлихового" золота, тогда как уровень концентраций и особенности распределения в пробах золота действительно весьма мелких и тонких классов крупности оставались фактически не изученными из-за систематических потерь золота при обогащении традиционными гравитационными методами.

Этими позициями и определялись подходы к отбору проб и пробоподготовке.

Опробование. Основным методом исследования золотоносности разрезов неоген-четвертичных субаквальных отложений являлось геологическое изучение и опробование естественных обнажений и открытых горных выработок (карьеров). Традиционные методики опробования при поисках россыпного золота предусматривают отбор достаточно крупных (от 20 до 100 л и более) масс материала, что обусловлено крайне неравномерным распределением золота крупных и мелких классов крупности. С переходом к необходимости оценки содержания золота мелких и, особенно, тонких классов крупности требования к объему отбираемой пробы изменяются [6, 9, 17, 24, 25]. Учитывая, что при одном и том же содержании золота в пробе одному компактному знаку золота размером 0,5 мм соответствует более 1000 мельчайших (0,05 и менее) зерен тонкого золота, то представительный объем пробы с таким золотом может быть значительно уменьшен. Согласно проведенным расчетам и экспериментам для рых-

лых пород с тонким золотом представительный вес пробы в зависимости от гранулометрического состава варьирует от 5 до 7 кг. Пробы отбирались на естественных обнажениях задириковым методом на глубину до 10 см, а также из керна скважин — полным отбором материала в пробу объемом до 40-50 литров, из которых тщательным квартованием отбиралось 20 литров. Каждая такая проба повторно квартовалась с отбором лабораторной навески в 10 кг, которая подвергалась изучению. Оставшийся материал сохранялся в качестве дубликата для проведения при необходимости дополнительных исследований.

Обработка проб (обогащение). По данным ряда исследователей [11, 15, 21, 31] в морских и прибрежных россыпях Азово-Черноморской провинции кроме комковатых, ксеноморфных и других форм мелкого и весьма мелкого золота часто в разных количествах присутствует тонкое золото в виде чешуек, ксеноморфных псевдоморфоз по органическим остаткам, пленок, гроздьевидных полых сростков и т.п. Было установлено, что подобное тонкое золото характерно преимущественно для глинистых песков и песчаных глин, в которых его концентрации достигают в некоторых участках 100-300 мг/т (иногда до 600 мг/т и более). Ничтожная толщина таких частиц ($n \times 0,001$ мм) даже при линейных размерах до 0,1-0,2 мм обуславливает их низкую гидравлическую крупность, преимущественное рассеивание в активной водной среде и локализацию в иловых отложениях специфических зон диссипации. Как было показано выше, преобладание в составе россыпи частиц золота низкой гидравлической крупности определяет их повышенную подвижность, медленное оседание в потоке и почти полную потерю с глинистыми фракциями. Но именно такое золото может формировать значительные ресурсы МТЗ. Исходя из этих данных, проводилось изучение уровня концентрируемости МТЗ при использовании различных методов обогащения.

Отсутствие в настоящее время доказательных и апробированных методических решений и технологий по концентрированию действительно тонкого золота в тяжелую фракцию осадочных пород различного гранулометрического состава и уровней глинистости вынудило нас искать собственные подходы к решению этого вопроса, что потребовало проведения серии экспериментальных исследований.

На первом (предварительном) этапе гравитационное разделение проб (обогащение) производилось на материале нескольких специально отобранных крупнообъемных проб разной глинистости и с различными содержаниями золота с использованием отдельных технологических решений, наработанных ранее в процессе изучения золотоносности донных отложений черноморского шельфа [21, 34]. Экспериментальное обогащение проб весом до 6 кг проводилось в лаборатории благородных металлов ИГМР НАНУ вручную (обесшламливание, ситовая классификация по крупности на фракции -0,25, +0,25-0,5 и +0,5-1,0 мм, промывка фракций вручную). Максимальное извлечение золота в концентрат было достигнуто именно в режимах трудозатратной ручной промывки или прямого точного шлюза с ламинарным потоком при Т:Ж от 1:30 до 1:100.

Реальное содержание золота в этих пробах контролировалось балансовым расчетом по данным анализов всех фракций, полученных при обогащении каждой пробы. Для балансовой оценки все фракции (алевропелитовая, песчаная, галечная) и продукты по ним (концентрат, промпродукт, хвосты), полученные в ходе обработки проб на промприборах, тщательно (без потерь) собирались в отдельные емкости, собранный материал высушивался и сохранялся до получения результатов анализа (по шламу и концентрату). В дальнейшем освоение концентратора “Бегущая Волна” и выбор наиболее эффективных режимов работы промприборов производились на материале дубликатов этих проб.

В соответствии с различиями в гидравлической крупности мелкое и весьма мелкое золото (+0,1 мм) должно достаточно эффективно извлекаться промприбором в концентрат, а значительная часть тонкого (особенно пластинчатого и чешуйчатого) золота при этом может концентрироваться в других фракциях. Поэтому в проведенных исследованиях особое внимание обращалось на оценку соотношения содержаний золота в глинистых фракциях и концентратах из песковых фракций [5].

В дальнейшем для получения концентратов использовались также винтовой плюз и концентратор “Бегущая волна”, который имитирует процесс промывки шлиха в круглом (азиатском) ковше. Под действием переменных центробежных сил пульпа разгоняется и отбрасывается к боковой стенке чаши, тяжелые частицы прижимаются к боковой (рифленной) поверхности и удерживаются на ней при вращении. Тяжелые частицы накапливаются на дне чаши, а более легкие выносятся вверх и разгружаются через края чаши. ПКЦ “Бегущая Волна”, согласно паспортным характеристикам, при обогащении золотосодержащих песков с золотом крупностью 0,25 мм и менее обеспечивает высокий уровень извлечения мелкого и тонкого золота в концентрат:

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание Au, г/т	Извлечение Au, %
Гравитационный концентрат	0,01	1160,6	87,74
Промпродукт	0,09	0,105	0,06
Хвосты	99,90	0,02	12,20
Итого: исходные пески	100,00	0,16	100,00

Было проведено уточнение технологических возможностей концентратора “Бегущая волна”.

Питание концентратора — геологическая проба золотосодержащих песков или руд крупностью 3,0 мм, производительность концентратора до 300 кг/ч. Важными особенностями концентратора являются: возможность обогащения проб различной массы, от 100 г до 1000 кг; визуальный контроль процесса обогащения; возможность проведения в одном аппарате без разгрузки первичного обогащения и доводки концентратов при высоких показателях извлечения золота, в том числе мелкого и тонкого; возможность остановки и запуска аппарата без потери золота.

Анализ проб и фракций. Аналитическое определение содержаний золота в концентратах и других продуктах обогащения является отдель-

ной и не всегда простой задачей. Следует особо подчеркнуть, что получение достоверного значения содержания золота в пробе (концентрате) возможно только при анализе всей массы полученного концентрата. С учетом того, что массы концентратов достигают иногда 200 г и более, определение суммарного количества золота в такой массе возможно методами цианирования, амальгамирования и пробирного анализа.

Амальгамирование довольно широко применялось в разных лабораториях Украины (ОНИЛ, Резник; "Говерла", Кардаш и др.). Однако, проведенные нами [17] исследования продуктов амальгамации концентратов из причерноморских россыпей выявили в них присутствие значительных количеств сульфидов, соединения свинца и т.д., т.е. примесей, существенно увеличивающих весовую массу продуктов амальгамации. Пробирный анализ таких продуктов амальгамации (аттестованная методика ИРГИРЕД-МЕТ) фиксирует количества золота иногда в 2-3 раза ниже, чем определенные амальгамированием. Следовательно, оставляя в стороне даже экологическую проблематичность как этого метода анализа, так и цианирования, следует отметить, что обычно его использование эффективно в случаях достаточно больших количеств золота и получения богатых концентратов, но вряд ли допустимо при работе с низкими содержаниями золота.

Наиболее эффективным остается анализ концентратов классическим пробирным методом с весовым определением золота, хотя при этом несколько повышается стоимость анализа.

На основании данных экспериментальных исследований предварительная оценка содержания золота в каждой пробе производилась по результатам пробирных анализов концентратов и химико-атомно-абсорбционных анализов глинистой фракции (шлама). Анализ содержаний золота в материале концентрата и шлама позволяет с достаточной достоверностью контролировать особенности распределения в пробе золота этих двух классов. При выявлении повышенных концентраций золота в какой-либо из этих двух фракций дубликат пробы весом 20 кг и более направляется на повторное, более детальное, исследование.

Результаты исследований

Опытно-методические работы.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что предварительное обесшламливание проб и дробная ситовая классификация их материала по крупности обеспечивает: 1) дополнительную дезинтеграцию глинистых комков (оттирка); 2) уменьшение вязкости среды (пульпы); 3) увеличение отличий по гидравлической крупности различных минеральных компонентов пробы; 4) заметное повышение извлечения золота в тяжелую фракцию (концентраты). Максимальное извлечение свободного золота в концентрат достигалось при отдельной промывке предварительно классифицированных фракций крупностью -0,25 мм; 0,25-0,5 мм; 0,5-1,0 мм.

По результатам опытно-методических работ была также отработана технология обогащения на концентраторе "Бегущая волна" в сочетании с винтовым шлюзом В.Д. Иванова и принята схема обработки проб, включающая: обесшламливание проб, содержащих более 10% глинистого материала; дробная ситовая классификация (-0,5; 0,5-1,0; 1,0-3,0 мм и крупнее); обогащение песковой фракции крупностью -0,5 и 0,5-1,0 мм на промприборе "Бегущая волна" и винтовом шлюзе с получением легких (хвосты песковые) песковых фракций, промпродукта и концентрата; детальный просмотр под биноклем материала концентрата с определением основных минералов и подсчетом знаков золота (при их выявлении). Особое внимание уделялось подготовке глинистой фракции (шламов) и концентрата, что объясняется необходимостью выявления и прослеживания по каждой пробе уровней концентрации и мелкого, и тонкого золота.

В рамках опытно-методических работ были также проведены предварительные эксперименты по сопоставлению эффективности обогащения на промприборах "Бегущая Волна", винтовой шлюз Иванова, ЦВК-100 М, концентрационный стол. Обогащение проб на "Бегущей волне" оказалось несколько более эффективным, чем на винтовом шлюзе Иванова. В соответствии с различиями в гидравлической крупности мелкое золото (+0,1 мм) промприбором "Бегущая волна" извлекается в концентрат достаточно эффективно, но значительная часть тонкого (особенно пластинчатого и чешуйчатого) золота при этом все равно теряется со шламами. Технология обогащения на концентраторе "Бегущая волна" в сочетании с винтовым шлюзом Иванова позволяет эффективно проводить первичное обогащение проб и доводку концентратов. При этом особенно важной оказывается возможность поэтапного сокращения массы концентрата, вплоть до уровня "золотой головки". Однако, для предотвращения возможных потерь золота при шлиходоводке и анализе, при выполнении массового обогащения проб объем концентратов доводился примерно до 50 г (оптимальная масса навески для пробирного анализа). По этой схеме к настоящему времени обработано более 2000 проб, концентраты и шламы подавляющего большинства из них проанализированы.

Попытки прямого получения концентратов тонкого золота из глинистых проб методами гравитационного обогащения, используемыми в лабораториях других организаций (концентрационный стол, ЦВК или Nelson), оказались вообще безрезультатными.

Вместе с тем, в процессе проведения предварительных опытно-методических исследований очертились некоторые проблемные вопросы методического плана, прежде всего — невозможность количественной оценки уровня (в %) извлечения в концентрат свободного золота классов крупности 0,15-0,1; 0,1-0,05 и менее 0,05 мм, а также золота сильно уплощенных (1:10-30) форм. Но достоверные данные по этому вопросу в литературе отсутствуют. Однако, обогащение проб с полным сохранением каждой фракции и аналитической балансовой оценкой количества золота разных классов крупности возможно проводить только выборочно, т.к. эта операция является чрезвычайно дорогой и трудозатратной. Надежные данные

о коэффициенте извлечения золота каждого класса гравитационной крупности в сочетании с наблюдаемыми в концентрате морфологией и размерами знаков золота позволяют оценить реальное количество тонкого золота в пробе по результатам сокращенного (концентрат и шлам) анализа. Отсутствие надежно отработанных методических решений, технологических приёмов и специальных приборов для извлечения в концентрат золота тонких классов потребовало постановки более детальных специализированных опытно-методических работ, которые в настоящее время выполняются.

Некоторые особенности золотоносности отложений различного состава и возраста.

Проведенными исследованиями установлено, что фоновые содержания золота в различных типах рыхлых отложений северо-западного Причерноморья обычно не превышают 10-15 мг/т.

Независимо от объема исследованных проб (от 20 до 200 литров) максимальное выявленное количество золота в концентратах исследованных к настоящему времени проб обычно не превышает уровня, эквивалентного содержанию 60 мг/т в исходной пробе. В глинистых фракциях содержание золота варьирует преимущественно от 15 до 120 мг/т (с максимальными значениями для малоглинистых разностей). В целом фоновые концентрации золота оказываются в 2-3 раза ниже, чем, например, в отложениях террас р.Днестр. Подобное снижение фоновой золотоносности объясняется, вероятно, сложным и многостадийным перемином промежуточных коллекторов, пространственной дифференциацией зон концентрации мелкого и тонкого золота в условиях дальнего речного переноса и изменчивого взаимодействия континентальных и прибрежно-морских условий осадконакопления. По аналогии с восточными районами (Керченский п-ов) Азово-Черноморской россышной провинции можно предполагать приуроченность значимых концентраций мелкого и/или тонкого золота к участкам переслаивания хорошо сортированных песков и песчано-глинистых отложений.

Полученные к настоящему времени результаты минералогических и аналитических исследований концентратов не отражают, безусловно, истинного количества свободного тонкого золота в конкретных пробах. Как было показано выше, результаты экспериментов однозначно свидетельствуют о резком (до 37-20 % и менее) снижении количества извлекаемого в концентрат золота размерностью 0,25-0,1 мм. [1, 4, 8]. Естественно, что извлечение еще более мелких частиц металла будет еще ниже, особенно в случаях преобладания пластинчатых, чешуйчатых и полых объемных форм. Это подтверждается и выполненными расчетами параметров гидравлической крупности для золота разных типоразмеров.

Следовательно, можно достаточно обоснованно принять, что на данном уровне технологии в концентрат извлекается не более 25 % золота размерностью 0,15-0,05 мм и 15-10 % размерностью менее 0,05 мм. При этом общее количество свободного золота в пробе может быть в 5-10 раз

больше, чем аналитически фиксируется в концентрате. Естественно, что не извлекающееся в тяжелые фракции тонкое золото в разных соотношениях распределяется между другими продуктами обогащения, иногда — преимущественно в алеврит-пелитовом материале шламов. В последних концентрируются самые тонкие фракции золота, что подтверждается фактами неоднократно выявляемых аналитически повышенных (до 0,4 г/т) содержаний золота в шламах ряда проб.

На изученных к настоящему времени площадях с аномальными (более 100 мг/м³) содержаниями мелкого и тонкого золота в субаквальных верхнечетвертичных отложениях литолого-фациальный контроль проявлен приуроченностью аномальных содержаний золота к плохо сортированным трех- четырехкомпонентным осадкам — ракушечным детритам или пелито-алевритовым разностям осадков (для континентальных аллювальных отложений — к плохо сортированным грубозернистым песчано-глинистым и мелкопесчано-алевритовым разностям).

Практически во всех потенциально продуктивных толщах выявлены прямые признаки золотоносности, подтвердившие справедливость большинства принятых геолого-прогнозных факторов и основных методов исследований. В концентратах ряда проб при изучении под бинокляром надежно диагностировалось присутствие от одного до 8 знаков тонкого (размером 0,05-0,02 мм и менее (рис. 2), преимущественно чешуйчатого золота.

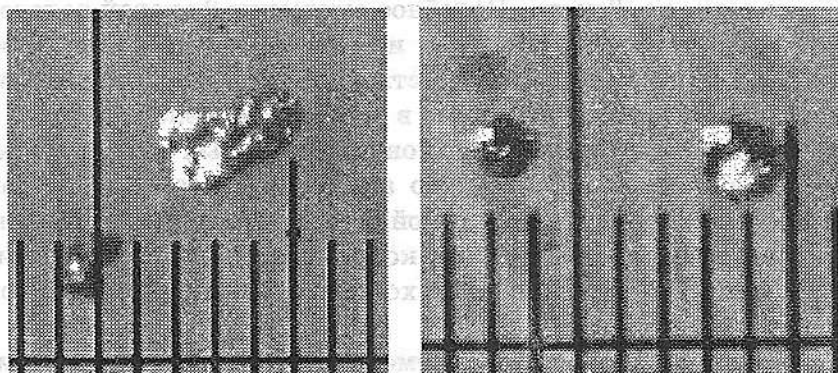


Рис. 2. Фото золотин: а — комковатого знака (цена деления 0,05мм); б — сферической и дискообразной формы (цена деления 0,05мм)

Отложения понта. В наиболее древней, понтической толще золотоносность связана, вероятно, с седиментационными рудолокализирующими структурами типа баров в областях поступления кластического материала. Характерна связь золота как с хорошо отсортированными песками, залегающими в подошве или в пределах карбонатной пачки, так и с глинисто-алевритистыми (в верхней песчано-глинистой пачке понта на крайнем северо-востоке территории) разностями псаммитов. Под бинокляром в концентратах из понтических отложений иногда отмечаются знаки весьма мелкого и тонкого золота с максимальным размером по длинной оси около 0,1 мм. В концентратах проб из ферролитно-карбонатного покрова (с гипсом и оксидами марганца), сформировавшегося за счет пород

понтического региояруса и продуктов их переотложения, золотины не отмечены.

Отложения плиоцена — раннего плейстоцена. В континентальных фациях присутствие знаков свободного золота выявлено в реликтах речных островных и отмелевых кос. В концентратах иногда отмечаются единичные знаки весьма мелкого золота с максимальным размером по длинной оси до 0,2 мм. Для аллювиальных россыпей этого типа характерен классический контроль гранулометрическим составом и положением пласта в толще аллювия. Пока не подтверждена продуктивность стрежневого аллювия. В отложениях прибрежно-морской и лиманно-лагунных фаций знаки свободного золота установлены в реликтах кос, баров, отмелей и пляжей, тяготеющих к бортам погребенных долин. В грубых псаммитах и псефитах золотоносность не выявлена.

Средне-верхнеплейстоценовые отложения. Представлены почти исключительно речными песчано-глинистыми отложениями — классическим комплексом конструктивного аллювия. Мелкое золото с максимальным размером 0,35 мм (по длинной оси) локализуется в песках ложных плотиков, алевро-песчаных пачках основания пойменных фаций. Продуктивность кос и стрежневого аллювия не установлена. Исключения — терраса бассейна р. Кучурган, где доминирует тонкое золото.

Отложения голоценового горизонта представлены тремя фациальными разновидностями — прибрежно-морской, лимано-лагунной и аллювиальной. В прибрежно-морских отложениях в пределах кос и пересыпей, а также зон волноприбоя и пляжей повышенные концентрации золота приурочены к разнозернистым хорошо отсортированным пескам подножий штормовых валов со стороны акватории (черные пески). В шлихах отмечается присутствие знаков мелкого золота с максимальным размером до 0,3 мм. Концентрация минералов тяжелой фракции не контролирует ни содержание золота, ни даже его наличие. В концентратах из отложений лиманно-лагунной толщи голоцена знаки свободного золота с максимальным размером до 0,25 мм отмечаются в “речниках” волноприбойных зон пляжа. В аллювиальных отложениях голоцена только в отдельных пробах установлено присутствие единичных знаков тонкого золота.

В ряде шлихов были обнаружены киноварь, медь самородная, борнит, серебро самородное.

Таким образом, полученные к настоящему времени результаты изучения почти 2000 проб из рыхлых отложений района исследований фиксируют весьма низкие уровни содержаний свободного золота в концентратах (0,3-3,8 г/т) при максимальных значениях в отложениях прибрежно-морской и лиманно-лагунных фаций плиоцена — раннего плейстоцена. Даже с учетом того, что масса концентратов (около 50 г, т.е. примерно 0,5 % от массы пробы) значительно превышала выход, рекомендуемый для “Бегущей Волны” (0,01%, см. таблицу выше), эти результаты не выявляют сколько-нибудь перспективных концентраций россыпного мелкого золота.

Вместе с тем, полученные аналитические данные выявляют присутствие заметно повышенных (0,1-0,4 г/т) концентраций золота в материале шламов обогащения ряда проб. Не вызывает сомнений, что в этих шламах фиксируется наиболее тонкое золото, повышенные концентрации которого трассируют зоны (или участки) со специфическими условиями его локализации. Определение основных факторов накопления тонкого золота позволит оконтурить такие участки, перспективные для проведения более детальных геологических исследований.

В настоящее время выполняется подготовка дубликатов проб, в которых выявлены повышенные концентрации мелкого и / или тонкого золота, для изучения в них баланса содержаний золота разных классов крупности и оценки общего уровня золотоносности.

Таким образом, уже на данном уровне изучения золотоносности неоген-четвертичных отложений северо-западного Причерноморья очерчивается два основных типа концентраций россыпного золота:

- 1) с преобладанием свободного весьма мелкого и тонкого золота, частично извлекаемого в концентрат;
- 2) с преобладанием тонкого, ультратонкого и дисперсного золота, концентрирующегося в алеврито-глинистых фракциях пород.

В особую группу следует выделить золотоносные отложения долин основных рек района работ (Дунай, Днестр с притоками, Когильник и Хаджидер). Золото из современного аллювия в подавляющей массе яркого золотисто-желтого цвета, изредка встречаются золотины с красноватым оттенком, поверхность, как правило, чистая, блестящая, без пленки и налетов гидроксида железа. Морфология частиц золота — овально-уплощенная, дискообразная, пластинчатая (единичные зерна с загнутым краем), изометричная, характерен мелкоямчато-бугорчатый рельеф, края золотинок окатаны (рис. 3). Встречены также удлиненные, близкие к проволочковидной, формы. Знаки тонкого золота пластинчато-листоватые, иногда слабо вытянутые или изогнутые, с неровной поверхностью (“шероховатые”).

Реальные уровни золотоносности проявлений россыпей с минерализацией этих трех типов будут уточняться в процессе проводимых опытно-методических работ, преимущественно на основе трудоемкого изучения баланса распределения золота между разными фракциями (продуктами) обогащения.

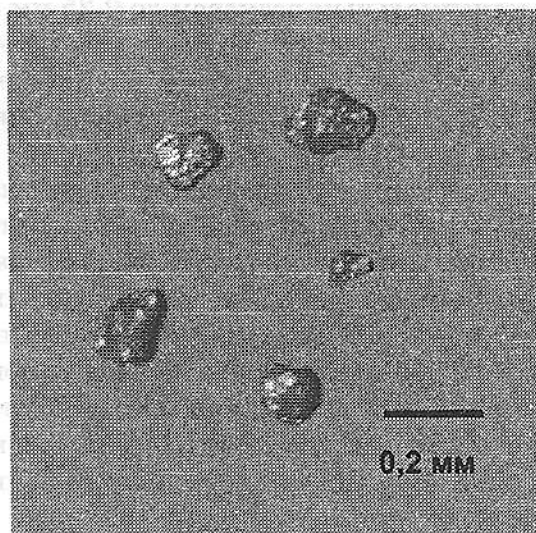


Рис. 3. Лепешковидные частицы золота из современных аллювиальных отложений.

Учитывая сложность (и размерность) структурных признаков изучаемого золота (чешуйки, ксеноморфные псевдоморфозы по органическим остаткам, гроздьевидные полые сростки, уплощенно-полусферические и шарообразные формы и т.д.), его аллохтонный характер, а также литофациальные характеристики участков концентрации этого золота, можно предположить, что часть золота переносилась из предполагаемых источников (областей питания) в области аккумуляции в форме взвесей, коллоидных растворов.

Как уже упоминалось выше, большинством исследователей предполагалось, что осадочные образования западной части Причерноморской впадины формировались преимущественно за счет продуктов размыва пород Украинского щита, в меньшей степени — складчатых Карпат [5, 7, 12, 15, 21, 30, 31, 36]. Самые крупные речные системы (которые обеспечивали транзит и транспортировку этого материала) образованы Днестром, Южным Бугом и Днестром, в бассейнах которых известны многочисленные проявления коренной и россыпной золотоносности. Безусловно, что ресурсный потенциал этих областей питания и промежуточных коллекторов мог обеспечить возможность накопления тяжелых минералов в благоприятных обстановках аллювиальных фаций речных долин и прибрежно-морской аккумуляции северо-западного Причерноморья.

Вместе с тем, как один из возможных вариантов поступления золота в структуры субширотной Азово-Черноморской провинции может также рассматриваться сложная (и взаимосвязанная (?)) эволюция гидродинамических систем Кубани-Дона и Днестра (с его возможной долиной по Молочной) в период прямого транзита их стоков восточнее и западнее понижения Сиваша [16, 31]. Нельзя исключать, что именно с этим этапом было связано формирование золотоносных отложений Акташской низменности [32, 33] и всей полосы аналогичных образований западнее (вплоть до перешейка). В аспекте возможности достаточно интенсивного поступления в голоцене (?) золотоносного теригенного материала с востока представляет несомненный интерес вопрос развития аналогичных фаций западнее — в северной части черноморского шельфа и прибрежной суши. Результаты литолого-фациального анализа верхнеплейстоцено-голоценовых осадков выявляют в северной части акватории шельфа достаточно сложное полосовидное распределение различных литофаций вплоть до береговой линии [10].

Выводы

1. В результате систематического изучения потенциала россыпной золотоносности неоген-четвертичных отложений северо-западного Причерноморья выявлены отдельные участки и горизонты с повышенными концентрациями весьма мелкого и тонкого свободного золота, ранее не фиксировавшегося традиционным шлиховым опробованием. Для большинства типов выявленных россыпей характерно неравномерное или крайне неравномерное распределения полезного компонента.

2. Правильность выбора прогнозных факторов, методики пробоотбора, прободготовки и аналитического завершения подтверждены выявлением прямых поисковых признаков. Впервые на территории установлена и доказана золотоносность понтических и средне-верхнеплейстоценовых отложений, выявлена золотоносность новых площадей и новые типы россыпей.

3. Проведенными опытно-методическими работами установлено, что предварительное отмучивание глинистой фракции и дробная классификация проб по крупности существенно повышают извлечение золота (преимущественно — именно тонких классов) в концентрат. Освоен и используется в проведении массовых исследований современный концентратор “Бегущая Волна”. С учетом полученных результатов экспериментальных исследований предлагается относить к классу весьма мелкого-тонкого, только то золото, которое большей частью или полностью не извлекается в концентраты при использовании для обогащения традиционных гидравлических технологий и промприборов.

4. Результаты выполненных к настоящему времени исследований неоген-четвертичных отложений побережья северо-западного Причерноморья не могут претендовать на полное решение всех вопросов золотоносности региона. Независимо от источников поступления золота, интенсивная миграция и изменения конфигурации береговой линии, неоднократная смена режимов трансгрессии и регрессии в неоген-четвертичное время, а также влияние неотектонических структур на характер осадконакопления сопровождалась формированием многочисленных обстановок, благоприятных и неблагоприятных для локализации как аллохтонного, так и автохтонного тонкого и субтонкого золота. Проблема источников весьма мелкого и тонкого россыпного золота и факторов его локализации будет решаться в процессе дальнейших исследований.

1. Афанасенко С.И., Лазариди А.Н., Орлов Ю.А., Петров В.Г. Сравнительное испытание аппаратов гравитационного обогащения для извлечения мелкого золота из песков // Тез. Докл. 1 Симпоз. “Золото Сибири”. Красноярск. КГАЦМЗ. — 1999. С.174–175.

2. Беневольский Б.И. Минерально-сырьевая база россыпного золота России — состояние, перспективы использования и развития // Тез. Докл. XI Междунар. Совещ. по геологии россыпей и кор выветривания. М.: ИГЕМ РАН. 1997. — С.37.

3. Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания. Технологии оценки и освоения. // Тез. докл. XI Междунар. совещания по геологии россыпей. М.; ИГЕМ РАН. 1997. -273с.

4. Верхотуров М.В., Кисляков В.Е., Дудко И.С., Хмелев Н.Б. Некоторые закономерности гравитационного обогащения золота и их реализация // Тез. Докл. 1 Симпоз. “Золото Сибири”. Красноярск. КГАЦМЗ. -1999. -С.91-92.

5. Волков В.А., Юшин А.А., Пашорин Ю.Н. О перспективах россыпной золотоносности северо-западного Причерноморья // Тез. Докл. X111 Междунар. Совещ. “Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения”. Пермь. Изд. Перм. Ун-та. — 2005. — С.29-30.

6. Геология россыпей / Под редакцией В.И.Смирнова // М.: “Наука”.— 1965.— 400 с.

7. Дзідзінський А.А., Юшин О.О., Гейченко М.В. До проблеми розсіпів з тонким та надтонким золотом в Україні. // “Геологія і генезис рудних родовищ України: сучасний стан, нові підходи, проблеми і рішення.” Київ. -УкрДГРІ.— 2004. С.29–33.

8. Дудко И.С., Хмелев Н.Б., Верхотуров М.В., Кисляков В.Е. Комплекс аппаратов для эффективной доводки черновых гравитационных концентраторов // Труды Междунар. Конф. Проблемы разведки, добычи и обогащения руд благородных металлов и техногенного сырья". Екатеринбург. Изд. УГГА. -2000. — С.23-24.

9. Исаков Р.И. и др. — Совершенствование добычи мелкого и тонкого золота на месторождениях "Полярнинского ГОК?а" // Тез. докл. XI Междунар. совещания по геологии россыпей. М.; ИГЕМ РАН. — 1997. — С.101.

10. Какаранза С.Д., Ларченко Е.П. Литофации верхнеплейстоцен-голоценовых осадков переходной зоны от северо-западного шельфа к глубоководной впадине Черного моря //Геология и полезные ископаемые Мирового океана. К.— 2007.— №1.— С.88–97.

11. Кардаш В.Т., Лебедь Н.И., Яценко Ю.Г. Золотоносность донных осадков Азовского моря // Мин. ресурсы України.-К. -1996.-№3. С.10-11.

12. Ковальчук М.С. Золотоносність осадових комплексів України // Мінерал. збірник. — К. -2001.-№51.-Вип. 1. — С.75-87.

13. Кравцов Е.Д. Условия формирования крупных и уникальных россыпей тонкого золота // Уникальные месторождения полезных ископаемых России. СПб. -1996. —С.39-49.

14. Куликов Д.А., Куликов А.А. Закономерности распределения золота по крупности в золоторудных объектах и их учет при проведении оценочных работ // Тез. Докл. I Симпоз. "Золото Сибири". Красноярск. КГАЦМЗ.— 1999.— С. 110–111.

15. Лебедь Н.И., Резник В.П., Мудров И.А. О новом типе россыпной минерализации на шельфе Черного моря // Геол. журн., К.— 1994.— №23.— С. 121–126.

16. Маслаков Н.А. Верхнеплиоценовая река на Керченском полуострове // Геология и полезные ископаемые Черного моря.— Киев, 1999.— С. 255–261.

17. Маслаков Н.А., Юшин А.А. Особенности распределения ультратонких фракций благородных металлов в россыпных проявлениях Приазовья // Матер. Всерос. Симп. "Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов". — М.: 000 "СВЯЗЬ-ПРИНТ".— 2002. С. 288–291.

18. Мигачев И.Ф., Кальниченко С.С., Романчук А.И. Перспективы золотоносности Восточно-Европейской платформы // Отеч. геология. -1995. -№3. —С.53-57.

19. Морозов Ю.П., Комлев А.С. Экспериментальные исследования циркуляционной концентрации благородных металлов // Труды Междунар. Конф. Проблемы разведки, добычи и обогащения руд благородных металлов и техногенного сырья". Екатеринбург. Изд. УГГА. -2000. —С.21-23.

20. Полеванов В.П. Возможности выявления нового типа месторождений золота в глинистых отложениях кайнозоя // Разведка и охрана недр.—1984.— №10.— С.17–19.

21. Резник В.П. Перспективные проявления тонкого россыпного золота на северо-западном шельфе Черного моря // Сборн. научных трудов НГА Украины.— Днепрпетровск. РИК НГА Украины.— 1998.— №23.— С. 130–134.

22. Риндзюнская Н.М., Матвеева Е.В. Экогенные месторождения с мелким и тонким золотом — перспектива XXI века // Тез. докл. XI Междунар. совещания по геологии россыпей. М.; ИГЕМ РАН.—1997.— с.211.

23. Рожков И.С., Микитин Н.М., Ясырев А.П. Новые данные о золотоносности осадочных толщ центральной части Русской плиты // ДАН СССР. Сер. Геол.—1967.— Т.173.— №5.— С.1156–1159.

24. Романчук А.И., Никулин А.И., Жарков В.В. Опробование россыпи, содержащей мелкое и тонкое золото // Горный журн.,— 2003.— №3.— С.44–46.

25. Романчук А.И., Никулин А.И., Жарков В.В., Коблов В.В. Технология и технические средства для извлечения свободного золота из проб золотосодержащих руд // Горн. журн. -2003. -№121. —С.79-83.

26. Савко А.Д., Шевырев Л.Т. Россыпи Русской платформы — главная область российской золотодобычи XXI века? (Основы оптимистического прогноза) // Доклады XXX-го МГК.— Китай.—1996.

27. *Седельникова Г., Романчук А., Никулин А., Жарков В.* Извлечение золота из строительных песков Подмосквья и Центральных районов России // Драг.металлы. Драг. камни.— М.; 2000.— №2.— С.23–28.

28. *Тараканов Л.В.* Равнинные россыпи — новый генетический тип месторождений олова и золота // ДАН СССР.— 1975.— Т. 233.— №5.— С.1206–1208.

29. *Царькова Л.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.

30. *Шашорин Ю.Н.* К вопросу об источниках россыпного тонкого золота в современных голоценовых отложениях северо-западного Причерноморья // Тез. Докл. XIII Междунар. Совец. “Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения”. Пермь. Изд. Перм. Ун-та.— 2005.— С.315–316.

31. *Шнюков Е.Ф.* О золотоносности донных отложений Черного и Азовского морей // Мин. журн.— 1997.— №25.— С. 46–52.

32. *Шнюков Е.Ф., Маслаков Н.А., Сиденко О.Г., Кардаш В.Т.* Состав золота из песчаных отложений севера Керченского полуострова и возможные источники питания // Докл. НАН Украины,— №25, 2000.— С.132–135.

33. *Шнюков Е.Ф., Маслаков Н.А., Иноземцев Ю.И.* Акташское месторождение мелкого и тонкого золота // Геологические проблемы Черного моря.— Киев, 2001.— С. 84–95.

34. *Юшин А.А., Резник В.П., Мудров И.А.* Металлы платиновой группы в золотоносных осадках СЗ шельфа Черного моря // Сб.научн.тр.: “Геология Черного моря”. Киев. “Карбон”. 1999.— С.227–230.

35. *Юшин А.А.* Золото и платиноиды в мезо-кайнозойских платформенных россыпях Украины: возможные источники и условия локализации // Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий. М.: ИГЕМ РАН.— 2000. С. 395–398.

Причерноморським ДРГП в рамках геолого-прогнозного картування масштабу 1:200000 вивчається потенціал розсипної золотоносності неоген-четвертинних відкладів південно-західного Причерномор'я. За результатами попередніх дослідно-методичних робіт відпрацьовано технологію збагачення на концентраторі “Бегущая волна” та інших промприборах. Вірність вибору методик пробовідбору, пробопідготовки, аналітичного завершення і комплексу прогнозних факторів було підтверджено виявленням підвищеної золотоносності понтичних і середньо-верхньоплейстоценових відкладів. Виділено два типи золотоносності: дуже мілкого золота, що витягається у важкі фракції, й тонкого-дисперсного золота, що концентрується в алеврит-пелітових фракціях (шламах).

The Prichernomor GRGP is pursuing research on a perspective and potential of gold-bearing placers of the neogen-Q sediments in the northern-western land of the Prichenomoria by the geologic-prognosis mapping (scale 1:200000). According to pilot analysis results of trial-methodic developments the technology of concentration had been chosen for a concentrator “Beguschaya Volna” and other devices. The right way of choosing and preparing work methodic, complex prognoses factors and sampling gave the desired result: the heightened percentage of gold-bearing placers in Pontiac and middle-upper Pleistocene sediments had been revealed. Two types of gold-bearing sediments had been distinguished: extremely fine gold (extracted out of heavy fraction); slim-disperse gold (concentrated in siltstone-pelite fraction (mud, sludge)).