

УДК 553.041

НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ КАК ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ РОССЫПЕЙ

Кунгурова В.Е., Газзаева Е.М.

Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: kunwe@yandex.ru, e_gassaeva@mail.ru

Целью исследований является выяснение золотоносности неоген-четвертичных береговых образований Юго-Западной Камчатки (от мыса Левашова до устья реки Митога), являющихся промежуточным коллектором для формирования золотоносных прибрежно-морских отложений на пляже и мелководном шельфе. Обобщены результаты предыдущих работ, дополненные проведенными исследованиями в 2015 и 2019 гг. Полученные данные по литолого-гранулометрическому составу свидетельствуют о хороших коллекторских свойствах отложений береговых уступов, легко поддающихся волновой переработке. Это песчано-гравийно-галечные четвертичные флювиогляциальные образования с содержаниями благородного металла до 300–355 мг/м³, песчано-галечные аллювиальные отложения – до 417 мг/м³, отложения береговых уступов и погребенных террас – до 112 г/м³; верхненеогеновые галечники – до 120 мг/м³. Их размыв обуславливает возникновение повышенных концентраций золота в ореолах естественного шлиха, что позволяет рассматривать последние в качестве индикатора на обнаружение скоплений благородного металла на пляже и шельфе. На современном этапе развития побережья за счет абразии золотоносных неоген-четвертичных пород формируются пляжевые титаномagnetитовые золотоносные образования, а на подводном береговом склоне – за счет абразии отложений в ходе позднеплейстоценовой трансгрессии. Помимо отложений береговых обрывов, в которых присутствует золото, возможно обнаружение источников сноса, находящихся в непосредственной близости к береговой зоне и в настоящее время перекрытых торфяниками прибрежной тундры или перекрытых осадками на подводном береговом склоне. Исследования опосредованно указывают на перспективность обнаружения россыпей, связанных с деятельностью водно-ледниковых потоков, а также палеоаллювиальных россыпей на путях транзита обломочного материала.

Ключевые слова: Юго-Западная Камчатка, золотоносность, абразионный берег, промежуточные коллекторы, прибрежно-морские россыпи

NEOGENE-QUATERNARY DEPOSITS OF THE COASTAL ZONE OF SOUTH-WESTERN KAMCHATKA AS AN INTERMEDIATE RESERVOIR TO FORM COASTAL-MARINE PLACERS

Kungurova V.Ye., Gazzaeva E.M.

Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: kunwe@yandex.ru, e_gassaeva@mail.ru

The goal of the research is to determine Neogene-Quaternary coastal formations gold mineralization of South-Western Kamchatka (from Levashov Cape to the Mitoga River mouth), which are an intermediate reservoir for the gold-bearing coastal-marine deposits formation on the beach and shallow shelf. The results of previous studies were summarized and supplemented by the studies conducted in 2015 and 2019. The obtained data on the lithological and granulometric composition indicate cliffs deposits good reservoir properties, which are easily processed by waves. These are sand-gravel-pebble Quaternary fluvio-glacial formations with noble metal contents up to 300-355 mg/m³, sand-pebble alluvial ones – up to 417 mg/m³, cliffs and buried terraces – up to 112 g/m³; Upper Neogene pebbles – up to 120 mg/m³. Their erosion causes the occurrence of abnormal local concentrations of gold in the halos of the natural concentrate, which allows us to consider the latter as an indicator for the detection of accumulations of noble metal on the beach and shelf. In modern times of coastal development, beach titanomagnetite gold-bearing formations form due to the Neogene-Quaternary gold-bearing rocks abrasion, and on the submarine nearshore slope they form due to the deposits abrasion during the Late Pleistocene transgression. Beside the coastal cliffs deposits containing gold, it is possible to detect provenance area near the coastal zone, blocked by peatlands of the coastal tundra or sediments on the underwater coastal slope. The studies indirectly point to the prospects of detecting placers associated with the activity of water-glacial flows, paleoalluvial placers on the fragmental material moving routes.

Keywords: South-Western Kamchatka, gold mineralization, abrasive coast, intermediate reservoirs, coastal-marine placers

На берегах Мирового океана расположены месторождения полезных ископаемых, представляющих потенциальный экономический интерес: рутил, циркон, ильменит, платина, золото и другие тяжелые металлы с аналогичной плотностью [1–3]. Эти месторождения были и остаются мировым ис-

точником важных промышленных минералов и разрабатываются во многих странах, включая Австралию, Китай, Индию, Канаду, Мадагаскар, Южную Африку, США [4–6]. Изучению условий их формирования посвящены работы многих российских и зарубежных исследователей [7–9].

Одним из перспективных районов, где обнаружены на пляже и мелководном шельфе золотосодержащие титаномагнетитовые образования, является Юго-Западное побережье Камчатки [10; 11]. Эта территория отнесена к Западно-Камчатскому россыпному району, в который входит большая часть приморской равнины, современный пляж и шельф. Восточнее, в 60–70 км от побережья, расположен Камчатский срединный массив, в пределах которого встречаются многочисленные коренные проявления и пункты минерализации золота. В долинах рек, прорезающих склоны массива, встречены россыпепроявления и промышленные аллювиальные россыпи золота. Шлиховые ореолы золота прослеживаются по большому водотоку, впадающему в Охотское море. Золотоносность установлена также в верхнеплиоценовых, четвертичных ледниковых и водно-ледниковых отложениях (промежуточных коллекторах) [10]. За счет дальнейшего перемива этого материала и формируются современные прибрежно-морские титаномагнетитовые золотосодержащие образования на пляже и мелководном шельфе восточной окраины Охотского моря.

Золотоносные участки ориентированы параллельно берегу. Напротив участков с повышенными содержаниями золота на пляже расположены, как правило, золотосодержащие отложения на мелководном шельфе, где они нередко приурочены к древним береговым линиям, к палеодолинам рек [10; 12].

Генезис осадочных пород, выступающих в качестве промежуточных коллекторов на абрадируемых участках суши, различен. В районе исследования – от м. Левашова до устья р. Митога – наиболее распространены ледниковые и водно-ледниковые средне-верхнечетвертичные, «мореноподобные» отложения, абрадируемые в береговом уступе [10]. Широкое развитие здесь получили процессы береговой и донной абразии. Волновой переработке подвергаются рыхлые отложения берегового уступа и, в меньшей степени, подводного берегового склона.

Важными событиями в общем процессе россыпеобразования Западной Камчатки явились: в миоцене – трансгрессия, в плиоцене – пенепленизация рельефа, формирование линейных и площадных кор выветривания, в позднем неогене – образование энеметенской свиты с горизонтами золотосодержащих конгломератов, в четвертичном периоде – разнонаправленные тектонические движения, неоднократные оледенения, эв-

статические колебания моря [10; 13]. Формирование прибрежно-морских россыпей (пляжных и шельфовых) определяется многими факторами, одним из основных при этом является наличие полезного компонента в размываемых образованиях.

В 80-годах XX века в пределах Западного побережья Камчатки был проведен комплекс поисковых работ [10; 12], направленный на изучение прибрежно-морских россыпей. Они включали проходку канав, шурфов, бурение. Обработка отобранных проб (шлиховых, бороздовых, керновых) осуществлялась на обогатительной установке ПОУ-4М, был проведен минералогический анализ, отобранные и проанализированные образцы на диатомовый и спорово-пыльцевой анализы с целью выяснения условий и времени формирования отложений. Повышенные содержания золота были выявлены в водно-ледниковых образованиях и аллювиальных отложениях погребенных террас.

С целью дальнейшего изучения литологического состава и золотосодержимости абразионных уступов в 2015 и 2019 гг. на побережье от м. Левашова до устья р. Митога были проведены исследования на участках, обнажающихся в районах повышенных концентраций золота, обнаруженных в отложениях пляжа и подводного берегового склона. Выполнены поисковые маршруты с геоморфологическими наблюдениями, шлиховое опробование. Непосредственно из обнажений отобраны пробы объемом ~0.02 м³ (рис. 1). Проведены гранулометрический, полный минералогический анализы.

Результаты исследования и их обсуждение

Участок прибрежной полосы Западно-Камчатской равнины представляет собой пологонаклонную низменность с абсолютными отметками водоразделов от 20 до 60 м. Увалы и гряды обрываются к морю полуактивным клифом высотой до 20 м, и он подвергается периодической абразии. Крутизна клифа 30–80°. Состав отложений береговых обрывов способствует развитию обвальнороссыпных и солифлюкционных процессов, в результате чего они часто перекрывают тыловую зону пляжа. Район исследований – побережье от м. Левашова на юге (р. Большая) до устьев р. Митога на севере (рис. 1). Современный облик рельефа сформирован, главным образом, при воздействии флювиальных процессов, что находит отражение в распространении комплекса аккумулятив-

ных и эрозионно-аккумулятивных речных террас, выработанных в аллювиальных, водно-ледниковых, а также в отложениях, представленных перемытыми морскими, так называемыми мореноподобными толщами. Во время межледниковий водотоки при таянии ледников имели бурный характер, значительные уклоны русла, высокую эродирующую транспортную способность, что привело к выносу в прибрежную зону значительной массы золотоносных отложений, являющихся в настоящее время промежуточным коллектором при формировании прибрежно-морских россыпей. Вынос аллювия в береговую зону в настоящее время незначителен, что способствует развитию на побережье абразионных процессов. Эффективности абразии благоприятствует наличие большого количества валунно-гравийно-галечного материала, слагающего побережье и высвобождаемого в ходе трансгрессии.

Россыпная золотоносность охватывает большую часть равнины, современный пляж и шельф. В геологическом строении района участвуют отложения неоген-четвертичного комплекса. В верхнем плиоцене равнина подверглась общим колебательным движениям различного знака [10; 13]. В образовавшихся в это время структурах происходило накопление континентальных и местами морских отложений. В пределах участка исследований в четвертичное время широкое развитие получили лежащие на галечниках энемтенской свиты верхнего неогена аллювиально-озерные и водно-ледниковые образования. Перекрывающие их отложения представлены озерными осадками, покровными суглинками и супесями, торфяниками и пляжевыми образованиями (рис. 2). Некоторые вопросы, касающиеся геологического строения и генезиса отложений юга Западно-Камчатской низменности, до сих пор остаются спорными [10; 12].

Берег является абразионно-аккумулятивным образованием (рис. 1). На абразионных участках, которые преобладают в районе исследований, к основанию берегового обрыва причленен песчано-галечный пляж неполного профиля шириной от 20 до 70 м. Аккумулятивный берег приурочен к понижениям низменности и отсутствию клифа и характеризуется наличием пляжей полного профиля с песчано-галечными береговыми барами, приустьевыми косами. Береговая линия в целом представляет собой пологовыпуклую к западу дугу, с выступа-

ми (мысами) клифа, в основании которых залегают конгломераты, более устойчивые к воздействию абразии, по сравнению с другими отложениями. Береговой обрыв здесь подвергается периодической абразии как во время штормов различной силы, так и сизигийных приливов, в результате чего нарушается устойчивость склона, и масса рыхлых отложений обрушивается на пляж.

При воздействии волнового потока происходит их грануломинералогическая дифференциация, что приводит к образованию на пляже концентратов тяжелых минералов – естественных шлихов. К местам дефицита наносов приурочены их наибольшие концентрации. Это ярко выраженные на поверхности пляжа синева-черные ореолы. Они протягиваются вдоль основания клифа полосой шириной 1–7 м, длиной в сотни метров, мощностью от 1 до 10 см, с содержаниями золота от знаков до десятков (единично – сотен) г/м³ [14]. Отложения размываемых береговых обрывов на этих участках зачастую являются в разной степени золотоносными, являясь промежуточными коллекторами благородного металла.

Характеристика отложений береговых обрывов. Наиболее древними золотосодержащими образованиями в районе побережья являются верхнеплиоценовые конгломераты *энемтенской свиты* (N₂, en). Они не выходят на дневную поверхность в районе исследования, нами непосредственно не опробованы, но ранее были вскрыты при бурении скважин (бур. линия III-74, рис. 3) [12] на правом берегу р. Митога, недалеко от впадения ее в Охотское море. Отметки кровли не превышают 1–2 м выше уровня моря, подошва не вскрыта, поскольку находится ниже уровня моря. Отложения представлены слабосцементированными галечниками с песчано-гравийным заполнителем. Галька с хорошей и средней степенью окатанности, размером 2–10 см, встречаются валуны до 40 см в поперечнике. По петрографическому составу это осадочные (песчаники, алевриты, аргиллиты), метаморфические (различные сланцы) породы, реже эффузивные и их туфы, гранитоиды, кварц. Цемент – песчано-гравийный, с примесью алеврита и глины, интенсивно лимонитизированный. Содержания золота по 9 скважинам колеблются от знаков до 37 мг/м³, средние содержания магнитной и электромагнитной фракций 210 и 157 мг/м³ соответственно [10]. Пробы, отобранные из обнажений севернее устья р. Митога, показали содержания золота 41, 65, 120 мг/м³ [12].

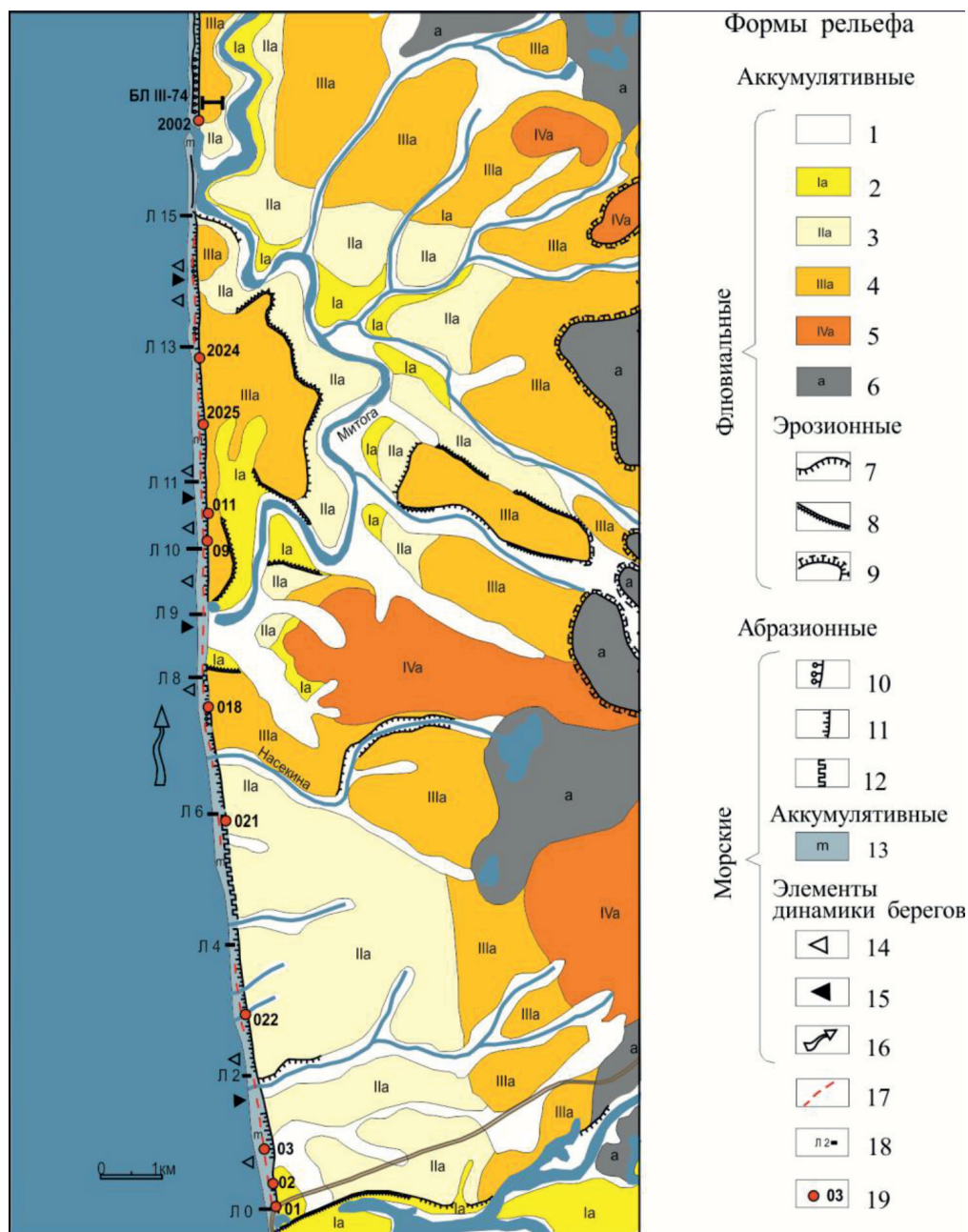


Рис. 1. Схематическая геолого-геоморфологическая схема района исследований (с использованием в качестве основы материалов [12])

Условные обозначения: 1 – уровень высокой поймы; 2 – уровень 1-й надпойменной террасы высотой 3–6 м; эрозионно-аккумулятивные уровни: 3 – 2-й надпойменной террасы высотой 12–14 м, 4 – 3-й надпойменной террасы высотой 20–25 м, 5 – 4-й надпойменной террасы высотой 30–36 м; 6 – нерасчлененный комплекс древнечетвертичных аллювиальных террас высотой до 60 м; 7 – деятельный эрозионный уступ, 8 – отмерший, 9 – эрозионные останцы речных террас; 10 – полуактивный клиф, подвергающийся абразии во время сигизийных приливов, 11 – полуактивный клиф, подвергающийся абразии только во время штормов, 12 – полуактивный клиф, имеющий узкую полосу марша и подвергающийся абразии только во время очень сильных штормов; 13 – аккумулятивные формы современной береговой зоны; 14 – поступление обломочного материала на береговую подводный склон за счет абразии; 15 – поступление обломочного материала с подводного склона на верхнюю зону пляжа; 16 – предполагаемое направление движения вдоль берегового потока наносов; 17 – участки повышенной концентрации естественного шлиха; 18 – линии опробования отложений пляжа; 19 – точки отбора проб в 2019 г. из береговых обрывов.

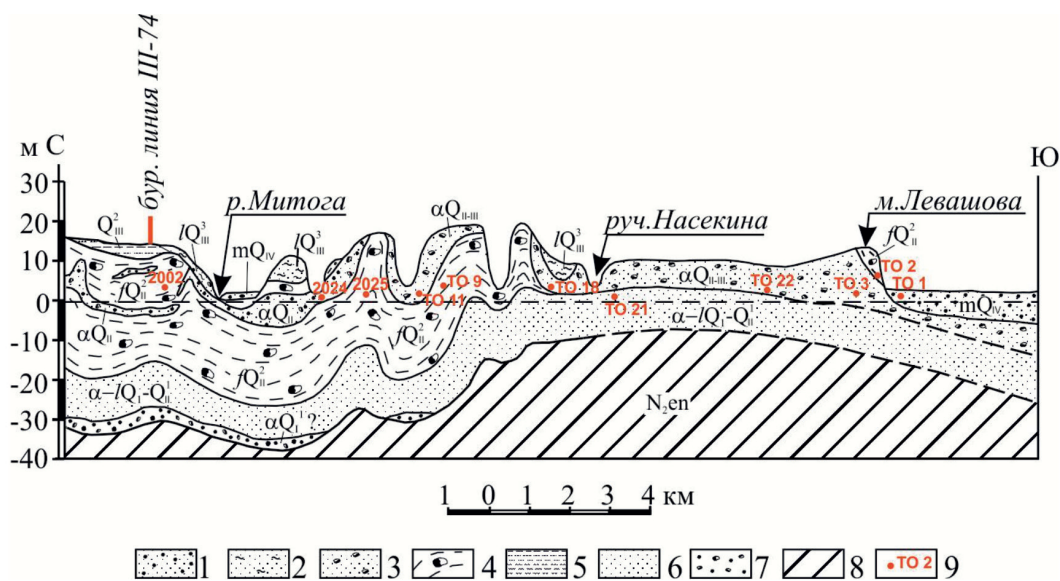


Рис. 2. Схематический геологический разрез абразионного уступа (побережье от устья р. Митога до м. Левашова, на основе [10])

Условные обозначения: 1 – отложения современного пляжа, 2 – суглинки, 3 – аллювиальные нерасчлененные галечники и пески, 4 – «мореноподобные» супеси, 5 – алевриты, 6 – пески, 7 – гравийно-галечные отложения, 8 – отложения неогена, 9 – точки отбора проб.

Нижнечетвертичные палеоаллювиальные отложения ($a Q_1^1$) в береговом обрыве не встречены, но вскрыты в скважинах по буровой линии III-74 в р-не р. Митога, а также севернее района исследований, в долине р. Утка [10]. В районах современных речных долин слой палеоаллювиальных отложений понижается к основанию клифа, иногда он слагает собственно бенч. Кровля толщи несет следы размыва. Мощность отложений – 0,5–2,5 м. Они представлены рыжевато-охристыми песками, алеврито-песками, гравелитами, с песчано-гравийным цементом, с примесью глины. Обломочный материал, как правило, плохо сортирован и имеет среднюю степень окатанности. В составе обломков преобладают осадочные и метаморфические породы, реже встречаются эффузивы среднего-основного состава, их туфы, гранитоиды, кварц. В скважинах по буровой линии III-74 (рис. 3) в р-не долины р. Митога встречено золото – от знаков до 5 мг/м³. средние содержания магнитной и электромагнитной фракций 360 и 128 мг/м³ соответственно. Ранее была установлена обогащенность отложений золотом в долине р. Утка – от 41 до 417 мг/м³ [12]. Это дало возможность рассматривать палеоаллювиальные образования как источник золота, поступающего в прибрежно-морские россыпи.

Нижне-среднечетвертичные аллювиально-лагунные отложения ($a-l Q_1-Q_{II}^1$) обнажаются на отдельных участках клифа от м. Левашова до р. Насекина, опробованы в Т021, а ранее были вскрыты скважинами по буровой линии III-74 на абсолютной отметке –13 м. Они представлены песками с линзами илов, торфов, галечников мощностью до 1,5 м. Залегают с размывом на отложениях энемтенской свиты, мощность составляет 13–18 м. По результатам диатомового анализа, в нижней части отложений преобладают пресноводные виды, меняясь к верху разреза солоноватоводными [10]. Характерно повышенное, по сравнению с другими отложениями, содержание магнитной фракции (252–670 мг/м³). Максимальное содержание золота в скважинах по буровой линии III-74 – 80 мг/м³, в Т021 – 95 мг/м³.

Среднеплейстоценовые водно-ледниковые отложения (fQ_{II}^2) более широко распространены в береговых обнажениях (Т02, Т09, 2025). Это «мореноподобные» голубовато-серые, коричневатожелтые суглинки и супеси с гравием, галькой и валунами (рис. 4). Крупнообломочный материал крайне беспорядочно распределен по разрезу, составляет 30%, присутствуют единичные огромные глыбы размером до 2 м. Сортировка средняя, окатанность хорошая.

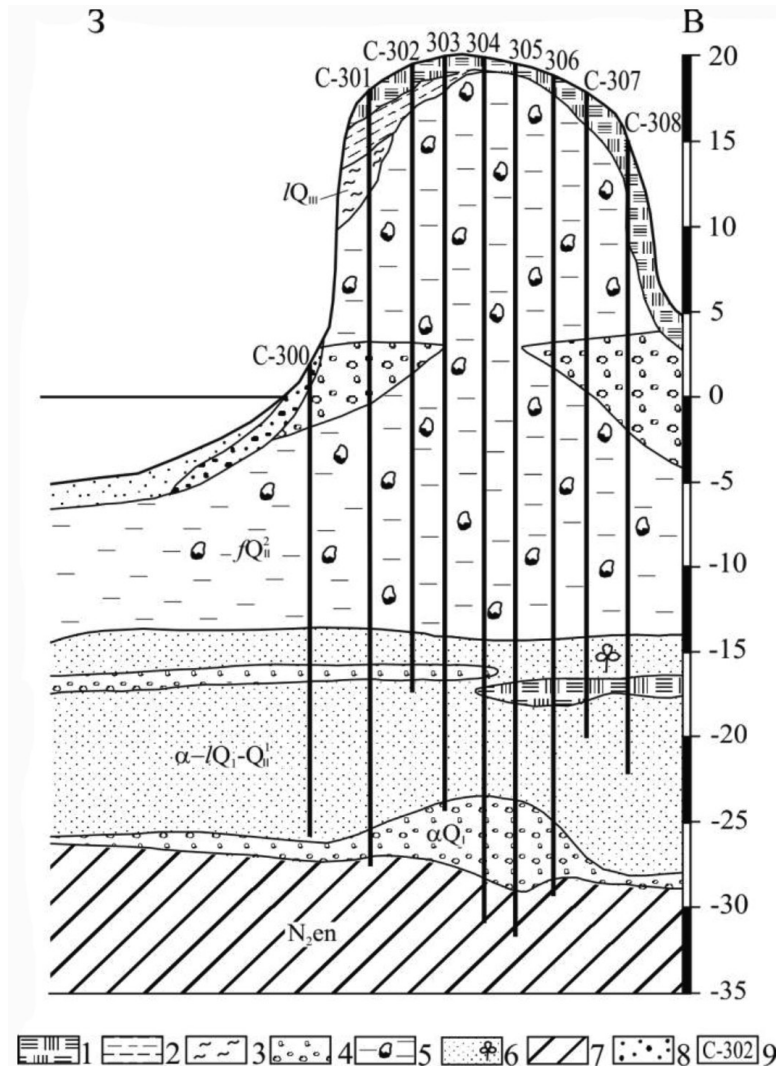


Рис. 3. Схематический разрез неоген-четвертичных отложений по линии III-74 (с использованием материалов [10])

Условные обозначения: 1 – торф, 2 – алевриты, 3 – глины, 4 – морские пески с ракушечником, 5 – «мореноподобные» супеси и суглинки с галькой, 6 – гумусированные аллювиально-лагунные пески, 7 – галечники неогена, 8 – морские гравийники с редкой галькой, 9 – скважина и ее номер.

Петрографический состав галек: андезиты, андезито-базальты, базальты, кварц, песчаники, туфопесчаники, алевриты, аргиллиты. В абразионном уступе толща мореноподобных отложений выглядит монотонной. По данным бурения [10; 12], содержит в себе многочисленные линзы хорошо сортированных мелко-, среднезернистых песков, суглинков, торфов, гравийно-галечного материала с песчаным заполнителем. Результаты диатомового анализа подтверждают суровые условия, существовавшие при образовании комплекса отложений. Бедный количественный и каче-

ственный состав, большая часть диатомей переотложена из неогена. Единого мнения у исследователей о генезисе отложений нет. Прослеживание мореноподобных образований в береговых уступах, горных выработках показывает, что на фоне депрессии выделяются пологие прогибы и поднятия 2-го порядка, осложненные мелкой складчатостью. Мощность по скважинам составляет 34 м [10], подошва залегает ниже уровня моря. Содержание золота в скважинах по буровой линии III-74 незначительное, от знаков до 57 мг/м³, среднее – 8 мг/м³. В береговом обрыве опробуемые нами от-

ложения повсеместно золотоносны, максимальные концентрации в них золота составляют 90 мг/м^3 (T09), 75 мг/м^3 (2025). Максимальные концентрации по борту р. Митога, недалеко от впадения ее в Охотское море, по данным [12], составляют 355 мг/м^3 .

Верхняя граница толщи размыта, в ней наблюдаются врезы, выполненные галечниками различной ориентировки, преимущественно средней степени окатанности. По своему генезису отнесены к *аллювию низкопорядковых водотоков* (*a Q_{II}*), впадавших ранее в древнюю р. Митога. Они золотоносны, содержание золота от знаков до 25 мг/м^3 [12].



Рис. 4. Выходы водно-ледниковых мореноподобных образований в береговом обрыве (T09) с линзами и прослоями хорошо сортированных песков, суглинков, гравийно-галечного материала с песчаным заполнителем. Вверху – 2-метровый карниз из торфа

Средне-верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения погребенных террас (*a Q_{II}-Q_{III}*) имеют площадное распространение и опробованы нами в T03, T011, T018, T022 (рис. 5). Они накапливаются в конседиментационных прогибах, обусловленных неотектоническими деформациями и представлены преимущественно хорошо сортированными мелко-, среднезернистыми песками с редким гравием и галькой, и галечниками с валунами (до 30 см). В песках наблюдаются маломощные изогнутые слойки (2–3 мм) естественного магнетитового шликса. Содержание золота в отложениях: T03 – 60 мг/м^3 , T011 – 105 мг/м^3 , а по данным предшественников [10], колеблется от знаков до 112 мг/м^3 .



Рис. 5. Выходы средне-верхнечетвертичных образований в береговом обрыве (T03). В нижней части снимка – золотоносный титано-магнетитовый естественный шлик на поверхности пляжа. Вверху разрез венчает слой торфа мощностью до 1.5 м

Верхнеплейстоценовые покровные отложения (*1 Q_{III}*) представлены зеленовато-серыми суглинками, супесями невыдержанной мощности от 0.3 до 3 м. В суглинках встречены прослойки вулканических пеллов, линзы торфов, указывающие на условия озерно-болотной аккумуляции. Золото в них не превышает знаковых значений. Венчают верхнюю часть разреза *голоценовые торфяники* мощностью от 0.5 до 2.5 м.

Аллювиальные отложения. Современный облик рельефа прибрежной территории сложился под воздействием флювиальных процессов, что отражается в распространении комплекса эрозионно-аккумулятивных речных террас. Из-за низменного характера рельефа, повышения базиса эрозии вследствие инверсии моря русла рек сильно мандрируют, а величина падения русел крайне мала – 36 см на 1 км русла у р. Митога, а у Митога-2 – 18 см на 1 км [12]. Истоки р. Митога-2 расположены недалеко от моря. Абрязия речных террас морем, выход широкого днища реки к морю могут свидетельствовать о наличии здесь в прошлом много-

водной реки. Длина истоков рек, а также площадь водосбора, вероятно, уменьшалась в результате абразии суши за счет наступления моря и проникновения вод в понижения рельефа прибрежной суши. Об этом же говорит и надвинутый на днище долины береговой бар, сложенный морскими отложениями, ранее находящимися в области современного шельфа, сейчас распространенными до современных истоков. Реки Митога и Насекина в настоящее время поставляют незначительные количества аллювия в береговую зону, особенно грубообломочного материала, вынос которого осуществляется только из приустьевой части, когда во время значительных волнений русло прижимается к эрозионному уступу, который подвергается эрозии. Приливно-отливные течения способствуют усиленному выносу обломочного материала из устья. Во время отливов выносятся не только песчаная, но и гравийная фракция. Определенная часть высвобожденного золота, находящегося в отложениях уже размытых береговых уступов, могла выноситься на подводный склон, а другая скапливаться в русле. В месте прорыва р. Насекина террасо-увала, его русловые отложения золотоносны и составляют 55 мг/м^3 (T020). Русловые отложения представлены песчано-галечным материалом, степень окатанности обломков средняя-хорошая.

Выделены 4 надпойменные террасы (рис. 1): I (высотой 3–6 м над уровнем русла), II (высотой 12–14 м), III (высотой 20–25 м), IV (высотой 30–36 м) и нерасчлененный комплекс древнечетвертичных террас (высотой до 60 м). Бровки и тыловые швы террас выражены плохо, поскольку сами террасы сложены исключительно рыхлыми породами, широко развиты процессы солифлюкции и торфонакопления. На фоне нисходящего развития рельефа эти эрозионно-аккумулятивные формы не получили повсеместного четкого выражения. Золотоносность террас в целом изучена плохо, в данной статье не освещена, необходим комплекс дальнейших исследований.

У основания береговых обрывов распространены *современные морские отложения пляжа* ($m Q_{IV}$), прослеживающиеся полосой 30–150 м. Отложения характеризуются хорошей сортировкой, окатанностью, отмытостью. Мощность их непостоянна: от нескольких см на участках абразионных берегов и до 13 м в районах аккумулятивных участков берега. Поперечный профиль пляжа асимметричен. В вертикальном разрезе

отложения представлены часто чередующимися прослоями хорошо сортированных песков, песков с гравием и галькой, гравийников, галечников и гравийно-галечных отложений с линзами и маломощными прерывистыми слойками (мощностью 2–10 см) естественного гранат-магнетитового шлиха, к которым приурочены повышенные (десятки-сотни мг/м^3) содержания золота. Количество слойков варьирует от 1 до 7. Золото распределено крайне неравномерно.

В отложениях пляжей неполного профиля на абразионных участках берега максимальные содержания золота выявлены в междуречье р. Насекина-Митога (по данным [10], до 25995 мг/м^3), где в береговом уступе обнажаются золотоносные водноледниковые отложения и в районе м. Левашова (до 300 мг/м^3). В результате активной абразии этих образований происходит концентрация золота в шлихе.

Аккумулятивные береговые формы (отложения приустьевых кос р. Большая, р. Митога, баров) в целом характеризуются бедным содержанием золота в поверхностном слое (знаки – первые мг/м^3). Максимальное содержание золота в пробах, отобранных с приустьевой косы р. Митога, составили 185 мг/м^3 , а в отложениях косы р. Большая встречены [10] единичные высокие содержания золота (до 6 г/м^3).

Как отмечено выше, из разнообразного генетического комплекса береговых отложений наиболее распространены *флювиальные (аллювиальные и водно-ледниковые)*, свидетельствующие о массовом выносе золотоносного материала водными потоками из предгорьев, где расположены коренные источники и *морские пляжевые* отложения, частично являющиеся продуктами переотложения первых.

Эпизоды оледенения обычно возникают после длительных периодов тропического и субтропического выветривания, когда активны гипергенные процессы и ледники могли удалять и концентрировать золото. Распространено мнение, что оледенение приводит к рассеянию минерализованной коренной породы и что осадочные концентрации полезных ископаемых редко встречаются в ледниковых бассейнах. Но известны промышленные россыпи золота Горнорудного района Карибу в центральной Британской Колумбии (Канада) в ледниковых и связанных с ними речных отложениях плейстоцена. Район был определен как «гигантская» россыпь золота. Общий объем добычи с 1858 года здесь составляет

более 93 000 кг [14]. Условия формирования золотоносных отложений современного пляжа и мелководной зоны шельфа Юго-Западной Камчатки и россыпей залива Аляска имеют много общих черт. На побережье последнего золото встречено в ледниковых и ледниково-морских отложениях формации Якатага и других кайнозойских отложениях, которые также обнажаются на побережье и разрушаются в результате абразии [15]. Район прибрежной части Западной Камчатки со сложной историей геологического развития, многократностью процессов переотложения неоген-четвертичных образований является перспективным на обнаружение россыпей, связанных с деятельностью как водно-ледниковых потоков, так и палеоаллювиальных россыпей.

Минералогический состав неоген-четвертичных отложений береговых уступов.

Средние содержания магнитной и электромагнитной фракций показаны на рис. 6.

Проведено изучение минералов тяжелой фракции из этих отложений, находящихся в тесной взаимосвязи с золотыми россыпями в прибрежно-морской зоне. Минералогический комплекс изучаемых отложений разнообразен. Установлены следующие минералы в тяжелой фракции: магнетит, пироксен, гранат, ильменит, золото, амфиболы, гематит, мартит, лимонит, лейкоксен, брукит, эпидот, дистен, барит, пирит, андалузит, корунд, силлиманит, ставролит, рутил, анатаз, сфен, циркон, апатит,

единично – хромит, торит, флюорит, топаз, шеелит. Присутствие минералов с большой твердостью и абразионной устойчивостью, с содержаниями некоторых из них в тяжелой фракции 20–75%, свидетельствует о высокой транспортирующей способности древней гидросети и многократном переотложении обломочного материала, слагающего промежуточные коллекторы.

Результаты полного полуколичественного анализа приведены в таблице. Наиболее широко распространенным минералом тяжелой фракции является магнетит. Содержания ильменита, граната, пироксена находятся, как правило, в обратно пропорциональной зависимости от магнетита.

Сравнение минерального состава тяжелой фракции шлиховых проб из неоген-четвертичных образований берегового уступа и отложений современного пляжа показало резкое увеличение пироксена и некоторое уменьшение эпидота, цоизита, ставролита и других минералов в последних. Это указывает на высвобождение пироксенов из гравийно-галечного материала и интенсивное истирание минералов меньшей твердости, входящих в состав заполнителя размываемых континентальных отложений.

Распределение магнетита в отложениях береговых обрывов и рыхлом материале пляжа объясняется тем, что материал на исследуемом участке поступает преимущественно за счет абразии слагающих его отложений.

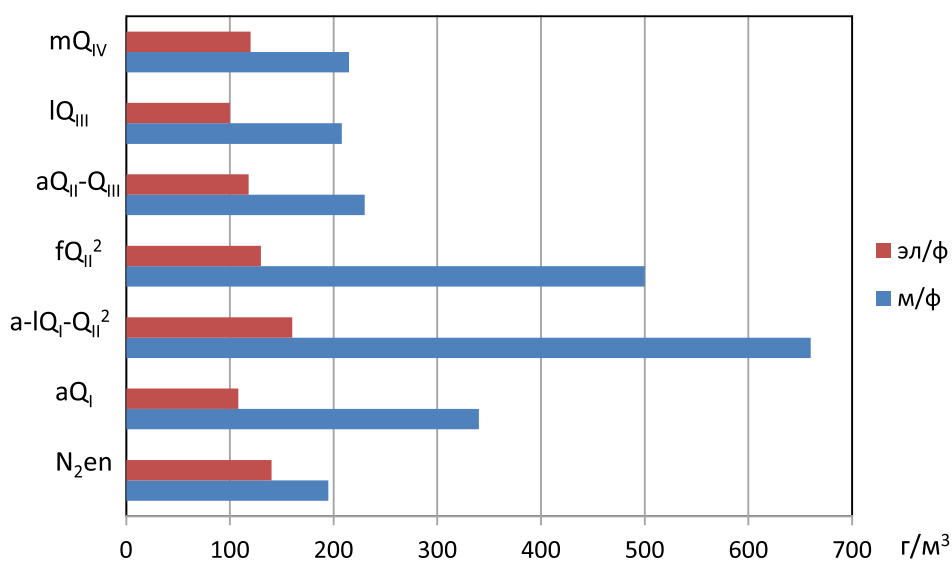


Рис. 6. График распределения средних содержаний магнитной и электромагнитной фракций в неоген-четвертичных отложениях

Содержания основных минералов тяжелой фракции

Тип отложений	К-во проб	Средние содержания минералов (вес. %)								
		магнетит	ильменит	пироксен	гранат	ставролит	амфибол	эпидот, цоизит	гематит	прочие минералы и обломки пород
Средне-верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения (а Q _{II} -Q _{III})	4	51.5	13.2	8.0	7.1	2.0	2.3	0.5	6.9	8.5
Мореноподобные супеси – fQ _{II} ²	7	56.0	12.4	8.5	3.7	0.7	0.9	0.7	7.2	9.9
Аллювиально-озерные пески с галькой – а-I Q _I -Q _{II} ¹	5	47.9	14.6	9.3	7.2	2.9	1.3	1.2	7.9	7.7
Энемтенские галечники – N ₂ en	2	61.0	8.7	3.5	11.6	2.7	5.6	3.3	3.0	0.6
<i>Среднее в береговых уступах</i>	<i>18</i>	<i>54.1</i>	<i>12.2</i>	<i>7.3</i>	<i>7.4</i>	<i>2.1</i>	<i>2.5</i>	<i>1.4</i>	<i>6.3</i>	<i>6.7</i>
<i>Среднее по пляжу – m Q_{IV}</i>	<i>20</i>	<i>48.2</i>	<i>10.5</i>	<i>21.7</i>	<i>10.6</i>	<i>1.9</i>	<i>0.8</i>	<i>0.5</i>	<i>3.0</i>	<i>2.8</i>

Величина зерен золота колеблется от < 0.1 до 2.0 мм, более крупные (до 2.0 мм) встречаются в водно-ледниковых отложениях. Наибольшее количество содержится во фракциях 0.1–0.5 мм (35%), 0.71–1.0 мм (30%) в мореноподобных отложениях. Золото плохо сортировано по крупности, степень окатанности различная: от слабой до хорошей, наблюдается золото в сростках с нерудными минералами, в т.ч. с кварцем, иногда покрыто лимонитовой рубашкой. Форма пластинчатая, толстотаблитчатая, лепешковидная, комковидная, проволочкообразная, как с гладкой, так и с мелкоямчатой, слегка шероховатой поверхностью (рис. 7). Стружковидную, чешуйчатую форму с неровными загнутыми краями имеют мелкие зерна плохой окатанности. Проба изменяется в пределах 730–901‰ [13; 14]. В отложениях пляжа она несколько выше – 800–950‰.

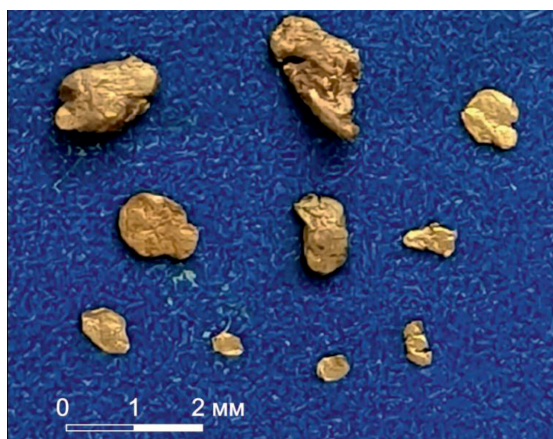


Рис. 7. Золото из отложений береговых обрывов

Золотоносность пляжей напрямую зависит от золотоносности промежуточного коллектора и величины его абразионного среза, хоть и осложняется неравномерностью распределения золота в абрадируемой толще. В местах выхода террас с абсолютной отметкой более 10 м берег обычно абразионный. Чем выше формы рельефа, тем больше обломочного материала поступает на пляж, где происходит его последующая концентрация в меньшем объеме пляжа. Абразионные участки берега, сопряженные с толщей коллектора, питают расположенный рядом пляж, откуда и начинается формирование прибрежно-морских россыпей как пляжа, так и подводного берегового склона. Именно здесь, напротив этих участков берега или вблизи них, встречены повышенные содержания золота в отложениях пляжа. На современном этапе исследуемый берег подвергается трансгрессии, в переработку вовлекаются новые золотоносные отложения и процесс образования прибрежно-морских россыпей еще не завершен, он происходит в настоящее время.

Выводы

Промежуточные коллекторы золота сформированы под влиянием многих факторов в условиях многократного переотложения золотосодержащего материала, при участии различных источников поступления золота и наложения процессов глубокого химического выветривания.

Исследуемый участок побережья сложен рыхлыми отложениями, которые несут почти повсеместную золотоносность

и являются промежуточными коллекторами золота на пути формирования прибрежно-морских россыпей охотоморского побережья Камчатки. Это четвертичные: флювиогляциальные образования (с содержаниями благородного металла до 300–355 мг/м³), аллювиальные (до 417 мг/м³), береговых уступов и погребенных террас (до 112 г/м³); верхнеэоценовые галечники (до 120 мг/м³). Полученные данные свидетельствуют о хороших коллекторских свойствах этих пород, легко поддающихся волновой переработке. Их размыв обуславливает возникновение аномальных локальных концентраций золота в ореолах естественного шлиха, что позволяет рассматривать последние в качестве индикатора на обнаружение скопления благородного металла на пляже и шельфе. Учитывая то, что еще в позднечетвертичное время уровень моря был значительно ниже, чем в настоящее время, можно сделать вывод о том, что тогда могла быть абрадируемая затопленная толща отложений. Скорость относительного погружения побережья Западной Камчатки -1.8 мм/год [10] является весьма высокой. При современной трансгрессии отступление береговой линии в сторону суши происходит тоже весьма быстро – 0.5–1 м/год. При этом в переработку волновыми процессами вовлекалась большая масса обломочного материала, при естественном шлиховании которого создаются возможности для значительной концентрации тяжелых минералов на пляже и подводном береговом склоне. Значительная масса золотоносных рыхлых отложений, пройдя через гидродинамически активную зону, создала условия и для формирования россыпей на подводном береговом склоне.

Необходимо отметить, что, несмотря на некоторую изученность этой территории предшественниками и проведенный небольшой объем наших исследований, которые изложены в статье, имеется недостаточно данных по золотоносности континентальных отложений прибрежной суши на глубину. Помимо отложений береговых обрывов, в которых присутствует золото, возможно обнаружение источников сноса, находящихся в непосредственной близости к береговой зоне и в настоящее время перекрытых торфяниками прибрежной тундры или перекрытых осадками на подводном береговом склоне. Мало изучены морфодинамические особенности процессов береговой зоны, характеризующиеся большой сложностью, количественные характеристики динами-

ческих процессов, их изменчивость в годовых и многолетних циклах (абразия клифа и бенча, ее скорость на различных участках), взаимосвязь аккумуляции с абразией. Необходимо их доизучение, поскольку имеются прямые признаки, предпосылки, а в связи с этим перспективы, указывающие на возможное наличие на юго-западном побережье Камчатки не только пляжевых россыпей золота, формирующихся на современном этапе развития побережья за счет абразии вышеописанных неоген-четвертичных отложений и россыпей подводного берегового склона, но и древних континентальных россыпей, ныне находящихся в захороненном и переотложенном состоянии.

Список литературы / References

1. Dill H.G., Goldmann S., Cravero F. Zr-Ti-Fe placers along the coast of NE Argentina: Provenance analysis and ore guide for the metallogenesis in the South Atlantic Ocean. *Ore Geology Reviews*. 2018. no. 4. vol. 95. P. 131–160. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2018.02.025.
2. Athey J.E., Harbo L.A., Lasley P.S., Freeman L.K. Alaska's Mineral Industry. Special Report 68. 2012. 75 p.
3. Moufti A.M. Opaque mineralogy and resource potential of placer gold in the stream sediments between Duba and Al Wajh, Red Sea coast, northwestern Saudi Arabia. *Journal of African Earth Sciences*. 2014. No. 11. Vol. 99. Part 1. P. 188–201.
4. Hou B., Keeling J., Van Gosen B.S. Geological and Exploration Models of Beach Placer Deposits, Integrated from Case-Studies of Southern Australia. *Ore Geology Reviews*. 2017. Vol. 80. P. 437–459. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.07.016.
5. Kirkpatrick L.H., Jacob J., Green A.N. Beaches and bedrock: How geological framework controls coastal morphology and the relative grade of a Southern Namibian diamond placer deposit. *Ore Geology Reviews*. 2019. Vol. 107. P. 853–862. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2019.03.029.
6. Van Gosen B.S., Fey D.L., Shah A.K., Verplanck P.L., Hoefen T.M. Deposit model for heavy-mineral sands in coastal environments: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070-L. 2014. 51 p. DOI: 10.3133/sir20105070L.
7. Флеров И.Б., Дундо О.П., Гусев Е.А., Сухорослов В.Л. Геологические предпосылки богатых россыпей золота на шельфе Чукотского моря // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 165–166.
8. Флеров И.Б., Дундо О.П., Гусев Е.А., Сухорослов В.Л. Geological features of high-grade shelf placers in the Chukchi sea // Руды и металлы. 2014. № 3–4. С. 165–166 (in Russian).
9. Лаломов А.В. Россыпи Российской Арктики и перспективы их отработки // Минералогия. 2017. № 2. С. 30–42.
10. Lalomov A.V. Placers of the Russian Arctic and the prospects of their mining // *Mineralogiya*. 2017. № 2. P. 30–42 (in Russian).
11. Garnett R.H.T. Marine placer gold, with particular reference to Nome, Alaska. In: Cronan D.S. (Ed.). *Handbook of Marine Mineral Deposits*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2000. P. 67–101.
12. Бондаренко И.В., Хитров В.В. Отчет Камчатской партии о результатах общепроисловых работ на россыпи шельфа южной части западного побережья Камчатки за 1976–1978 гг. Петропавловск-Камчатский: Фонды ВГФ, ТГФ, 1979, в 2-х кн.: 140+256 с.
13. Bondarenko I.V., Khitrov V.V. Report of the Kamchatka party on the results of general prospecting works on the placer deposits of the southern part of the western coast of Kamchatka for 1976-1978. *Petropavlovsk-Kamchatskiy: Fondy VGF, TGF*, 1979, v 2-kh kn.: 140+256 p. (in Russian).
14. Наумов Ю.А. Условия формирования прибрежно-морских россыпей Юго-Западной Камчатки. Находка: НОУ ВПО Институт технологии и бизнеса, 2012. 116 с.

Naumov Yu.A. Conditions for the formation of coastal-marine placers in South-Western Kamchatka. Nakhodka: NOU VPO Institut tekhnologii i biznesa, 2012. 116 p. (in Russian).

12. Федюкович О.А., Черепанов Г.Ю. Отчет о поисково-рекогносцировочных работах на россыпное золото на участке междуручья Митога-Учхала в пределах Западного побережья полуострова Камчатка в 1972–1973 гг. Петропавловск-Камчатский: Фонды ВГФ, ТГФ, ТГУ, 1974. 150 с.

Fedyukovich O.A., Cherepanov G.Yu. Report on prospecting and reconnaissance work for alluvial gold in the Mitoga-Uchkhala rivers interfluvial area within the western coast of the Kamchatka Peninsula in 1972–1973. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Fondy VGF, TGF, TGU, 1974. 150 p. (in Russian).

13. Кунгурова В.Е. К вопросу о россыпной золотоносности прибрежно-морской зоны Юго-Западной Камчатки // Руды и металлы. 2014. № 5. С. 19–31.

Kungurova V.Ye. On the question of alluvial gold mineralization of the coastal-marine zone of South-Western Kamchatka // Rudy i metally. 2014. № 5. P. 19–31 (in Russian).

14. Кунгурова В.Е. Золотоносные прибрежно-морские россыпи побережий Юго-Западной Камчатки и полуострова Аляска // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 12 (специальный выпуск 46). С. 5–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-46-5-25.

Kungurova V.Ye. Gold-bearing coastal marine placers the of coasts of South-Western Kamchatka and Alaska peninsula // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2020. № 12 (spetsial'nyy vypusk 46). P. 5–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-12-46-5-25 (in Russian).

15. Eyles N. Glacially derived, shallow-marine gold placers of the Cape Yakataga district, Gulf of Alaska. *Sedimentary Geology*. 1990. Vol. 68. iss. 3. P. 171–185. DOI: 10.1016/0037-0738(90)90110-F.