

Научная статья

УДК 553.411 (571.61)

DOI: 10.37102/0869-7698_2023_227_01_1

EDN: AFWEKT

Перспективы Соловьевского золоторудного центра Приамурской золотоносной провинции

В.А. Степанов✉, А.В. Мельников

Виталий Алексеевич Степанов

доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник
Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-
Камчатский, Россия
vitstepanov@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7028-3662>

Антон Владимирович Мельников

кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник
Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия
melnikov_anton1972@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0001-9102-653X>

Аннотация. Приведено описание Соловьевского золоторудного центра Приамурской золотоносной провинции. В состав центра входят рудно-россыпные узлы Янканской и Желтулакской металлогенических зон провинции. С начала золотодобычи в конце XIX в. здесь добыто около 53 т рудного золота. Соотношение добычи рудного и россыпного золота, равное 1:6, свидетельствует о значительных перспективах выявления новых золоторудных месторождений. Перспективы Соловьевского золоторудного центра заключаются в доизучении выявленных проявлений золото кварцевой, золотосульфидно-кварцевой, золото-полиметаллической, а также золотортутной (карлинский тип) формаций.

Ключевые слова: золоторудный центр, провинция, металлогеническая зона, месторождение, проявление

Для цитирования: Степанов В.А., Мельников А.В. Перспективы Соловьевского золоторудного центра Приамурской золотоносной провинции // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 1. С. 6–20.
http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_227_01_1.

Prospects of the Solovyev gold mining center of the Amur gold-bearing province

V.A. Stepanov, A.V. Melnikov

Vitaly A. Stepanov

Doctor of Sciences in Geology and Mineralogy, Professor, Chief Researcher
Scientific and Research Geotechnological Center, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky,
Russia

vitstepanov@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-7028-3662>

Anton V. Melnikov

Candidate of Sciences in Geology and Mineralogy, Leading Researcher
Institute of Geology and Nature Management, FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia

melnikov_anton1972@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-9102-653X>

Abstract. The description of the Solovyev gold mining center of the Amur gold-bearing province is given. The center includes ore-placer nodes of the Yankan and Jeltulak metallogenic zones of the province. Since the beginning of gold mining at the end of the XIX century, about 53 tons of ore gold have been mined here. The ratio of ore and placer gold production, equal to 1:6, indicates significant prospects for the identification of new gold deposits. The prospects of the Solovyev gold mining center are the additional study of the identified manifestations of gold-quartz, gold-sulfide-quartz, gold-polymetallic, as well as gold-mercury (Karlin type) formations.

Keywords: gold ore center, province, metallogenic zone, deposit, manifestation

For citation: Stepanov V.A., Melnikov A.V. Prospects of the Solovyev gold mining center of the Amur gold-bearing province. *Vestnik of the FEB RAS*. 2023;(1):6-20. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_227_01_1.

Введение

Приамурская золотоносная провинция, в пределах которой начиная с 1867 г. извлечено около 1300 т рудного и россыпного золота, является одной из крупнейших в России [1]. До начала XXI в. в ней превалировала добыча россыпного золота, количество которого в целом в два-три раза превышало запасы рудного. Но затем вследствие истощения россыпей, с одной стороны, и начала эксплуатации крупных месторождений (Покровское, Пионер и др.) – с другой, в балансе золотодобычи начала преобладать доля рудного золота. Чтобы сохранить эту тенденцию, необходимо наращивать сырьевую базу золоторудных месторождений провинции, которая в настоящее время невелика.

Наиболее продуктивные золоторудные месторождения, расположенные главным образом в центральной, приядерной части провинции, образуют три исторически сложившихся центра рудной золотодобычи – Соловьевский (Западный), Гонжинский (Юго-западный) и Токурский (Восточный) [2]. Эти центры близки к определению промышленно-сырьевых узлов [3] в пределах Приамурской золотоносной провинции, которая в этом случае выступает в качестве минерально-сырьевого золотоносного центра. Среди них выделяется

Соловьевский центр. В его пределах впервые в провинции началась добыча россыпного золота (1867 г.), а в 1884 г. было открыто первое золоторудное Джалиндинское (Кировское) месторождение. Высокое отношение добычи россыпного золота к рудному (6:1) свидетельствует о значительных перспективах выявления новых золоторудных месторождений в центре.

Цель работы – определение перспектив золотого оруденения Соловьевского золоторудного центра в ближайшем будущем. Основные задачи – обобщение и анализ закономерностей размещения и условий формирования золоторудных месторождений, а также выявление продуктивных, в том числе новых, типов золотого оруденения.

Геолого-структурное положение Соловьевского центра

В административном плане Соловьевский золоторудный центр относится к Сквородинскому и Тындинскому районам западной части Амурской области. Его площадь составляет ~16 000 км². В состав центра входят рудно-россыпные узлы Янканской и большей части Джелтулакской металлогенических зон Приамурской золотоносной провинции. В геолого-структурном плане Соловьевский центр приурочен к сочленению сближенной системы Северо-Тукурингского и Южно-Тукурингского региональных разломов, разделяющих основные геоблоки Приамурья – Алдано-Становой, Монголо-Охотский и Амурский с зоной Джелтулакского разлома. Последний разделяет Алдано-Становой геоблок на Селенгино-Становую и Джугджуро-Становую части (рис. 1).

Янканская зона, в которой находятся (с запада на восток) Уркинский, Березитовый и Соловьевский рудно-россыпные узлы (РРУ), занимает юго-западную часть Соловьевского центра. Она приурочена к зонам почти параллельных сближенных региональных разломов – Северо-Тукурингского и Южно-Тукурингского. В северной части зоны между Северо-Тукурингским и Джелтулакским разломами располагается Селенгино-Становая часть Алдано-Станового геоблока, сложенная гнейсами и кристаллосланцами преимущественно архейского возраста, прорванными гранитоидными интрузиями широкого возрастного диапазона – от архея и протерозоя до мезозоя. Южнее, между Северо-Тукурингским и Южно-Тукурингским разломами, узкой полосой протягивается Монголо-Охотский геоблок, выполненный вулканогенно-осадочными и терригенными породами, метаморфизованными в фации зеленых сланцев. Их возраст меняется от рифея до раннего палеозоя. К югу от Южно-Тукурингского разлома располагается Амурский геоблок. Он сложен главным образом терригенно-карбонатными осадками раннего и среднего палеозоя, прорванными интрузиями и дайками раннего мела. Вдоль Южно-Тукурингского разлома располагаются впадины с терригенными осадками юрского возраста.

Джелтулакская металлогеническая зона, вмещающая Уркиминский, Хорогочинский, Джелтулакский, Талгинский, Успенковский и Золотогорский РРУ, расположена в северо-восточной части Соловьевского центра. Зона вытянута в северо-западном субширотном направлении на 390 км при ширине порядка 80–90 км. В геолого-структурном отношении она приурочена к шовной зоне Джелтулакского и сопряженного с ним Пригиллоуского разломов. С востока металлогеническая зона ограничена Унахинским разломом северо-западной ориентировки, западный фланг зоны выклинивается в районе ветвления Джелтулакского разлома на Бурпалинский и Тугурчанский. Рудоконтролирующий зону Джелтулакский разлом разделяет Селенгино-Становой и Джугджуро-Становой геоблоки Становой складчато-глыбовой области [4]. Зона разлома имеет древнее, раннедокембрийское заложение. В конце раннего протерозоя в ней в условиях растяжения заложилась рифтогенные прогибы, выполненные осадочными и вулканогенно-осадочными породами желтулакской и удоканской серий. Разлом характеризуется длительным развитием, проявленным в протерозое (магматизм, коллизия, рифтогенез), палеозое (магматизм) и мезозое (магматизм, поперечные и продольные сдвиги) и представляет собой систему разломов общей мощностью 10–20 км сдвигового, сбросо-сдвигового и надвигового типов.

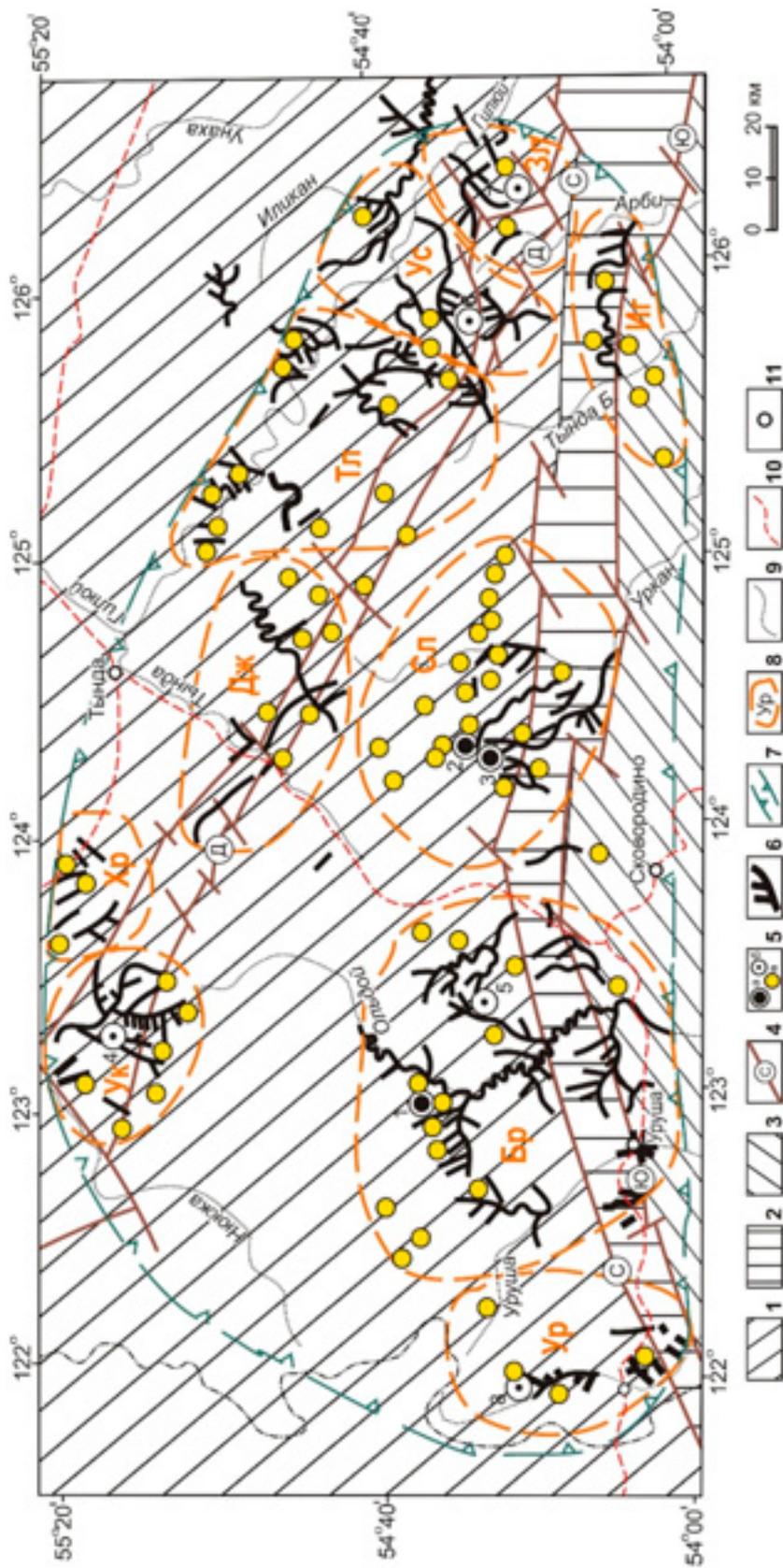


Рис. 1. Соловьевский золоторудный центр.
 1 – Алдано-Становой блок; 2 – Монголо-Охотская складчатая область; 3 – Амурский геоблок; 4 – глубинные разломы (С – Северо-Тукурингский, Ю – Южно-Тукурингский, Д – Джелтулакский); 5 – месторождения: а – средние (1 – Березитовое, 2 – Кировское, 3 – Кировское, 4 – Одоло, 5 – Шахта Мосина, 6 – Успенковское, 7 – Золотая Гора, 8 – Снежинка), б – россыпи золота; 6 – россыпи золота; 7 – контур Соловьевского центра золоторудности; 8 – рудно-россыпные золоторудные узлы (Ук – Уркиминский, Хр – Хорогоинский, Дж – Джелтулакский, Тл – Талтинский, Ус – Успенковский, Бр – Березитовый, Ур – Уркиминский, Сл – Соловьевский, Иг – Игакский; 9 – водотоки; 10 – железные дороги; 11 – населенные пункты

Золотоносность центра

В составе Соловьевского центра находятся 7 эксплуатировавшихся в разное время золоторудных месторождений – Березитовое, Одолго, Кировское, Соловьевское, Шахта Мосина, Успенское и Золотая Гора, а также сравнительно недавно разведанное небольшое месторождение Снежинка (см. таблицу). По уровню золотодобычи среди них выделяется среднее по добыче золота Березитовое месторождение, остальные – мелкие. Всего из них извлечено 52,8 т золота. Добыча золота в этом центре началась в 1890 г. (месторождение Кировское) и продолжается в настоящее время (месторождения Березитовое, Соловьевское). Гораздо больше золота извлечено из россыпей РРУ Соловьевского центра, т: Березитовый – 47,5, Уркиминский – 30,1, Соловьевский – 200,0, Успенский – 24,4 и Золотогорский – 18,4, всего 320,4 т [5], поэтому Соловьевский золоторудный центр является существенно россыпным. Отношение добычи россыпного золота к рудному равно 6:1, что свидетельствует о значительных перспективах центра по выявлению новых золоторудных месторождений.

Золоторудные месторождения Соловьевского центра

Но-мер*	Месторожде-ние	Годы открытия (освоения)	Кол-во добы-того золота, т	Золоторудная формация	Тип рудных тел	Среднее содер-жание золота, г/т
1	Березитовое	1932 (2007–2021)	34,3	Золото-полиметаллическая	Зоны прожилково-вкрапленной минерализации	3,0
2	Одолго	1959 (2007–2009)	0,5	Золотокварцевая	Залежь метасоматитов	6,3
3	Кировское	1884 (1890–1917, 1932–1962)	9,7	Золотосульфидно-кварцевая	Жильная система	8,5
4	Соловьевское	2014 (2015–2021)	5,2	«-»	Зоны прожилково-вкрапленной минерализации	3,7
5	Шахта Мосина	1912 (1912)	0,1	«-»	То же	85
6	Успенское	1916 (1917–1931)	1,0	Золотокварцевая	«-»	12,0
7	Золотая Гора	1917 (1917–1922)	2,0	«-»	Жильная система	7,1
8	Снежинка	1969	–	Золотосульфидно-кварцевая	Зоны прожилковой минерализации	3,5

*См. рис. 2.

Примечание. Прочерк – нет добычи золота.

Как следует из таблицы, в Соловьевском золоторудном центре присутствуют месторождения трех формаций: золотосульфидно-кварцевой (4 месторождения), золотокварцевой (3) и золотополиметаллической (1). По запасам и уровню золотодобычи выделяются Березитовое месторождение золотополиметаллической, Кировское – золотосульфидно-кварцевой и Золотая Гора – золотокварцевой формаций. Они могут быть эталонными в пределах Соловьевского золоторудного центра при проведении дальнейших прогнозных и поисковых работ. Ниже приведено краткое описание месторождений.

Березитовое золотополиметаллическое месторождение одноименного РРУ расположено в нижнем течении р. Хайкта, крупного правого притока р. Большой Ольдой. Оно представлено крупной крутонаклонной зоной рудоносных метасоматитов в

позднепалеозойских порфиroidных гранодиоритах Хайктинско-Орогжанского массива. В плане зона имеет сложную линзовидную форму, субмеридиональное простирание и крутое падение (70–75°) в юго-западном направлении (рис. 2), ее длина достигает 950 м. Мощность зоны меняется от 110 м в центральной части до 10–15 м – в северной. Зона объединяет два крутонаклонных уплощенных воронкообразных тела – Центральное и Северное, сопряженных вблизи поверхности, но выклинивающихся с глубиной. Осевые части тел приурочены к узлам пересечения субмеридиональной зоны с разрывными нарушениями субширотного направления.

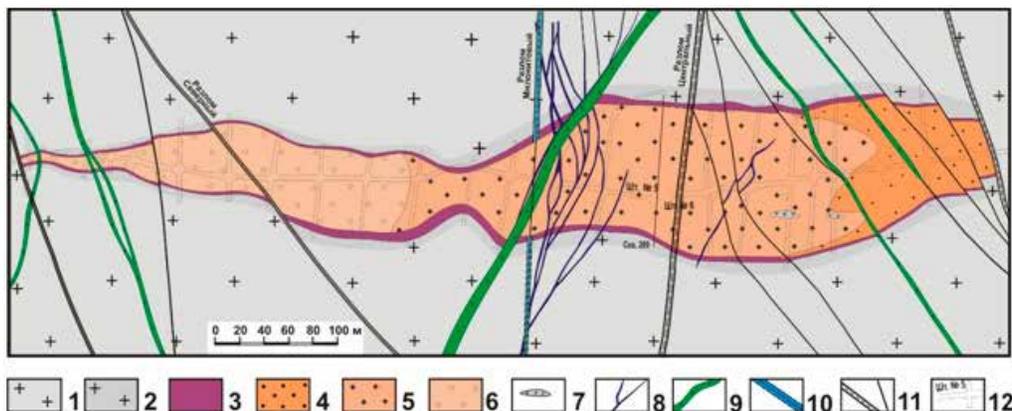


Рис. 2. Геологический план рудной зоны Березитового месторождения на горизонте +676 м (по материалам геологической службы ПГО «Дальгеология»).

1 – позднепалеозойские порфиroidные гранодиориты и граниты; 2 – метасоматически измененные порфиroidные гранодиориты и граниты; 3–6 – метасоматиты: гранат–ортоклаз–биотит–плаггиоклаз–мусковит–кварцевые (3), турмалин–гранат–ортоклаз–мусковит–кварцевые (4), турмалин–гранат–мусковит–кварцевые (5); турмалин–гранат–кварц–мусковитовые (6); 7 – реликты гранодиоритов; 8 – дайки метапорфиритов; 9 – пострудные дайки спессаритов и диоритовых порфиритов; 10 – зона катаклазированных и милонитизованных гранитов с сульфидной минерализацией; 11 – тектонические нарушения: а – зоны дробления пород, б – разломы; 12 – подземные разведочные горные выработки

Рудовмещающие породы представлены мусковит-кварцевыми метасоматитами с существенными (до 6 %) количествами граната и турмалина. Эти минералы находятся в метасоматитах в виде неравномерно рассеянной порфиробластической вкрапленности. Реже в составе метасоматитов встречаются ортоклаз, хлорит, Zn-хлорит, биотит, анортит, цинковая шпинель (железистый ганит), титанит, циркон, эпидот, алланит, монацит-(Ce), пренит, фторапатит, флюорит, графит, гротит, червандонит-(Ce) [6].

Промышленное золотоносное рудное тело не имеет четких геологических границ. К нему отнесена обогащенная полиметаллической минерализацией основная часть метасоматической зоны, где, по данным разведочного опробования, содержания золота достигают установленных кондиций. На поверхности рудное тело оконтурено в виде единой полосы субмеридионального простирания, приуроченной к осевой части зоны метасоматитов.

К основным рудным минералам на месторождении относятся галенит, сфалерит, пирит, пирротин и магнетит. Второстепенные и редкие минералы руд представлены марказитом, халькопиритом, арсенопиритом, ильменитом, мышьяксодержащим пиритом, леллингитом, самородным золотом, самородным висмутом, аргентитом, шеелитом, молибденитом, маложелезистым сфалеритом, теллуридами Au, Ag и Pb (петцит, калаверит, гессит, алтаит) и др. Из вторичных минералов отмечаются ярозит, лимонит, гидрогетит, малахит, мелантерит, ковеллин, халькантит, англезит, церуссит и смитсонит [7]. Мощность зоны окисления на месторождении незначительная, не превышает 5–7 м.

Полезными компонентами руд Березитового месторождения являются золото, серебро, свинец, цинк и кадмий. Средние содержания этих компонентов в рудах месторождения составляют: Au – 3 г/т, Ag – 14,3 г/т, Pb – 0,57 %, Zn – 0,93 %. В отдельных участках рудного тела максимальные содержания достигают: Au – 365 г/т, серебра – 231 г/т, цинка – 10 %, свинца – 9 %.

На месторождении проявлено два типа золотосодержащих руд, существенно различающихся по структурной позиции, минеральному составу и степени золотоносности [7]. Они выделены в самостоятельные минеральные комплексы – золотополиметаллический и золоторудный. Образования золотополиметаллического комплекса представлены золотосодержащими полиметаллическими рудами центральной и северной частей зоны (со средними содержаниями Au от 1 до 4 г/т), которые локализованы в метасоматитах в виде рудного штокверка. Руды сложены крупнозернистыми гранобластовыми агрегатами сфалерита и галенита с неравномерно распределенной более мелкозернистой массой пирита, пирротина и халькопирита. К образованиям золоторудного комплекса отнесены жильные и прожилковые типы рудсульфидного, турмалинового, турмалин-кварцевого, кварц-сульфидного, кварц-гранатового и кварц-гранат-сульфидного состава, которые занимают секущее положение по отношению к рудам золотополиметаллического комплекса. Они развиты на месторождении весьма незначительно, однако с ними на месторождении связаны аномально высокие концентрации Au – от десятков до первых сотен граммов на тонну.

В рудах обоих золотоносных комплексов месторождения отмечается наличие нескольких генераций самородного золота [8]. По морфологическим особенностям выделяются три группы. Первая, наиболее распространенная, разновидность самородного золота представлена ксеноморфными, зернистыми, каплевидными и комковидными зёрнами, часто со сложной бугристой неровной поверхностью, а также уплощенно вытянутыми агрегатами, вторая – весьма мелкими каплевидными и тонкопластинчатыми выделениями размером менее 50 мкм. Третья, наиболее редкая, разновидность самородного золота характеризуется сложными ажурными выделениями, монокристаллами с четкими гранями, дендритоидами.

По данным 244 определений, проведенных методом атомной абсорбции для отдельных золотинок, выделенных из различных типов руд, средняя проба золота месторождения равна 861 при интервале колебаний 666–999. Широкий интервал изменчивости пробы золота, обусловленный наличием низко- и высокопробных индивидов, сохраняется на уровне минеральных комплексов, минеральных ассоциаций и даже в пределах одного образца руд, в котором интервал колебаний пробы золота иногда составляет более 300 единиц. По данным спектрального анализа, в самородном золоте месторождения установлены следующие элементы-примеси (в мас. %): Cu – 0,001–0,04, Sb – 0,007–0,1, Fe – 0,03–0,6, Sn – 0,001–0,3, Hg – 0,001–0,08.

По данным микрорентгеноспектрального анализа, интервал колебаний пробы золота Березитового месторождения более значителен и оценивается в пределах 345–1000 ‰, средняя проба – 781 ‰. Выделяются три основные разновидности золота. Первая представлена агрегатами электрума (400–600 ‰), вторая – относительно низкопробного золота (600–800 ‰), третья – преимущественно высокопробного и весьма высокопробного золота (800–1000 ‰). Последняя разновидность золота преобладает в рудах, причем основной интервал значений пробы находится в промежутке 900–950 ‰.

Изотопное $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование двух образцов рудоносных метасоматитов Березитового месторождения было произведено в Институте геологии и минералогии СО РАН [9]. Получены следующие датировки: гранат-кварц-мусковит-серицит-калишпатовые метасоматиты – $129,7 \pm 3,2$ – $127,3 \pm 4,4$ млн лет, мусковит-кварц-серицитовые метасоматиты – $132 \pm 2,9$ – $131,3 \pm 2,3$ млн лет. Таким образом, установлен раннемеловой готерив-барремский изотопный возраст раннего золотополиметаллического комплекса месторождения. Верхней возрастной границей считается изотопный возраст пострудных даек спессартинов, определенный К-г методом в 107 ± 4 млн лет.

Кировское (Джалиндинское) золотосульфидно-кварцевое месторождение Соловьевского РРУ находится в верховьях р. Джалинда. Оно было открыто старателями в 1884 г. при отработке россыпи в долине р. Джалинда. В дореволюционное время месторождение частично эксплуатировалось, но сведений об общем количестве добытого металла за этот период не сохранилось. В 1930–1931 гг. была произведена разведка Джалиндинского месторождения, после чего началась добыча золота Соловьевским приисковым управлением треста Амурзолото. В 1934 г. было закончено строительство фабрики для извлечения рудного золота. В 1935 г. руднику присвоили имя С.М. Кирова, а месторождение переименовали в Кировское. С 1934 по 1961 г. из него добыто 9,4 т золота при среднем его содержании в руде 8,5 г/т. После этого месторождение было законсервировано. Государственным балансом на 1.01.2009 г. учтены запасы золота категории C_1 – 409 кг, категории C_2 – 2323 кг, забалансовые запасы в количестве 821 кг. Прогнозные ресурсы золота категории P_1 составляют 10 т при среднем содержании 7 г/т.

В геолого-структурном плане Кировское месторождение приурочено к эндо- и экзоконтакту Джалиндинской интрузии гранитов и гранодиоритов верхнеамурского раннемелового комплекса, прорывающей терригенные толщи Стрелкинской приразломной впадины (рис. 3). Оруденение представлено золотоносными кварцевыми и сульфидно-кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами. Большинство исследователей формирование Кировского месторождения генетически связывается с внедрением Джалиндинской интрузии. Но рудоносная система состоит из двух рудно-магматических пучков, состоящих из даек различного состава и парагенетически сопряженных с ними золотоносных кварцевых и сульфидно-кварцевых жил субширотного и северо-восточного направления, совпадающих с простиранием главных разрывных нарушений. Эпицентр рудно-магматической системы находится в истоках руч. Правая Джалинда, на южной окраине Джалиндинской интрузии [8].

На месторождении известно, по разным источникам, от 310 до 500 золоторудных жил, из которых разведана 71, эксплуатировалась на золото 31 жила (А.В. Зуев и др., 1996 г.). Наиболее богатые рудные тела располагаются на пересечении разломов северо-восточной и субширотной ориентировки. Выделены два типа рудных тел: золотосульфидно-кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны субширотного простирания; малосульфидные золотокварцевые жилы северо-восточной ориентировки. Золотосульфидно-кварцевые жилы и жильно-прожилковые зоны находятся преимущественно в южной части месторождения. Они сложены кварцем, карбонатами, серицитом и сульфидами, количество которых нередко достигает 10–15 %. Среди них преобладают сфалерит, галенит и халькопирит. Золото мелкое и тонкое, его проба составляет 850–864 ‰. Околорудные изменения представлены березитизацией и аргиллизацией. Во вторую группу входят основные рудные тела – протяженные (400–650 м), прослеженные на глубину до 350 м кварцевые жилы мощностью от 0,1–0,3 до 3–4 м. Вмещающие породы березитизированы. Из жильных минералов преобладает кварц, менее развиты карбонаты, полевой шпат и серицит. Среди рудных минералов, количество которых не превышает 3–5 %, преобладают пирит, арсенопирит, висмутин, халькопирит и золото. Реже встречаются сфалерит, галенит, блеклые руды, магнетит, буланжерит, молибденит, шеелит и самородный висмут. Золото свободное, крупных размеров, нередко наблюдаются самородки массой до 10–15 г; проба его высокая – 924–953 ‰ [10].

Более поздними исследованиями выявлена трехстадийная модель последовательности формирования золотосодержащих минеральных ассоциаций в рудах Кировского месторождения. В первую стадию отлагались шеелит-сульфидно-кварцевые руды, среди которых выделены молибденит-шеелит-кварцевая и шеелит-халькопирит-кварцевая ассоциации. Во вторую стадию формировались сульфидно-кварцевые руды, представленные пирит-арсенопирит-кварцевой, халькопирит-карбонатно-кварцевой и золото-висмутин-кварцевой ассоциациями. В третью стадию образовались жилы и микропрожилки с $Cu-Ni$ - и $Sb-Co$ -минерализацией, пространственно ассоциирующие с дайками долеритов.

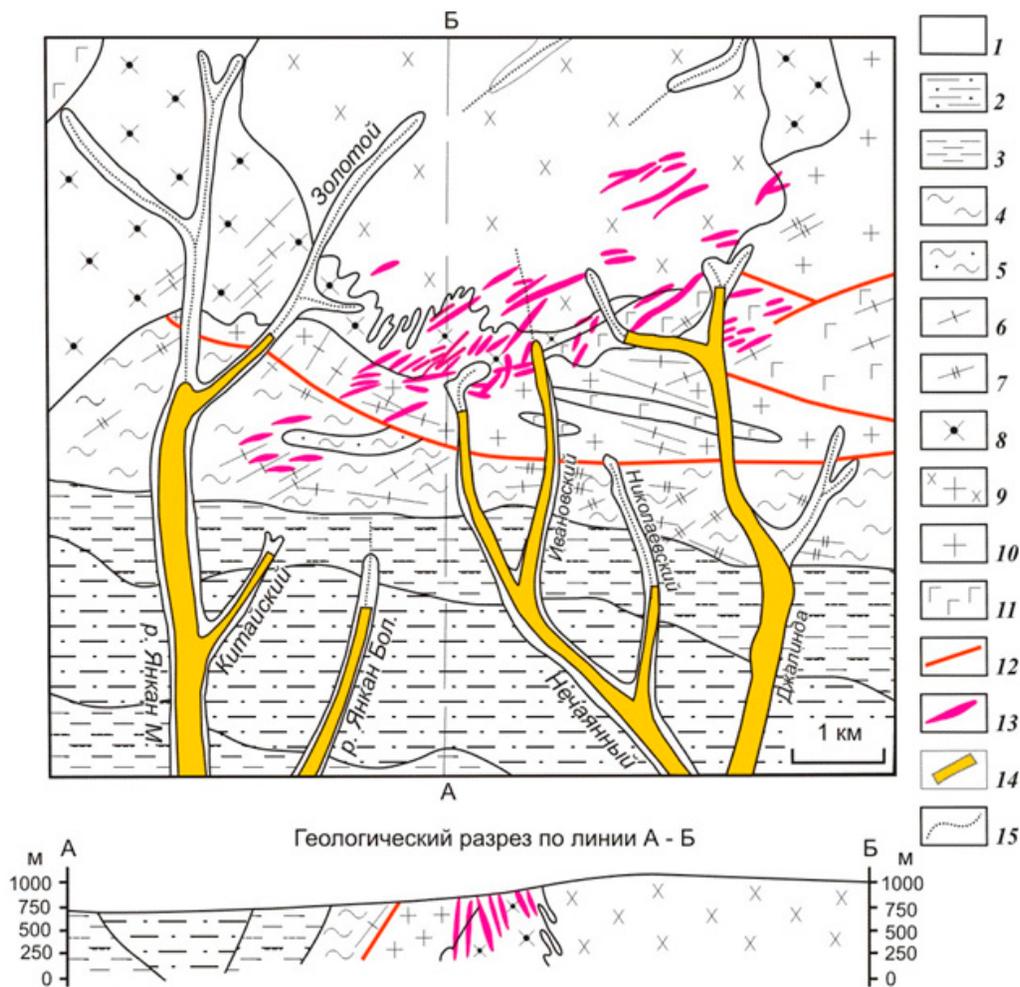


Рис. 3. Кировское золоторудное месторождение [11].

1 – аллювиальные пески, галечники, гравий голоцена; 2–3 – стрелкинская толща: 2 – верхняя пачка (конгломаты и гравелиты с прослоями песчаников и алевролитов), 3 – нижняя пачка (песчаники с прослоями углистых алевролитов); 4–5 – долохитская толща: 4 – верхняя пачка (песчаники и алевролиты с прослоями туфогенных конгломератов, гравелитов и туфов риодацитов), 5 – нижняя пачка (песчаники и углистые алевролиты), 6–7 – дайки нижнего мела: 6 – диоритовые порфириды, 7 – гранодиорит-порфиры; 8–9 – верхнеамурский комплекс нижнего мела: 8 – гранодиориты второй фазы, 9 – кварцевые монцитоны и кварцевые диориты первой фазы; 10 – граниты и гранодиориты верхнего архея; 11 – габбро, габбро-анортозиты, анортозиты нижнего архея; 12 – разломы; 13 – золоторудные жилы; 14 – россыпи золота; 15 – водотоки

Они сложены пентландит-халькопирит-кварцевой и арсенопирит-глаукоdot-кварцевой ассоциациями. Самородное золото представлено тремя генерациями. Первая, высокопробная генерация самородного золота (проба более 900 ‰) наиболее распространена в рудах месторождения и пространственно ассоциирует с ранней висмут-теллуридной минерализацией. Вторая генерация золота (проба от 750 до 850 ‰) связана с халькопирит-блеклорудной минерализацией. Третья, низкопробная (менее 700 ‰) генерация самородного золота установлена только в рудах, где проявлена сложная многометалльная Co-Ni-Cu-Ag-Sb-минерализация [12].

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb/Sr-методом по рудосопровождающим минералам (серицит, кальцит) продуктивных стадий минерализации в лаборатории изотопной геологии Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ) на масс-спектрометре МИ-1201Т. Образцы

для исследования были отобраны по жилам № 232, Немецкой и Толстой. Изохроны рудосопровождающих минералов укладываются в интервал 131–126 млн лет. Средний их возраст равен 128,3 млн лет, что отвечает готеривскому ярусу раннего мела [13]. Этот возраст практически совпадает с изотопным возрастом пород Джалиндинского гранитного интрузива, определенным U-Pb методом по цирконам в $125,44 \pm 0,69$ млн лет [14].

Месторождение Золотая Гора золотокварцевой формации Золотогорского РРУ расположено на хр. Тукурингра, в истоках р. Хугдер. Месторождение открыто старателями в 1917 г. при отработке россыпи левой вершины руч. Тальцовый. Оно представлено серией золотоносных кварцевых, карбонатно-кварцевых и кварц-полевошпатовых жил. Золотое оруденение локализуется среди толщи биотитовых, двуслюдяных гнейсов и амфиболитов, приурочено к зоне диафтореза и окварцевания северо-западного простирания. Длина зоны 3 км, мощность 200 м. Гнейсы и золотоносные кварцевые жилы прорваны позднемезозойскими дайками микродиоритов, фельзит-порфиров и сиенит-порфиров (рис. 4). В лежачем боку зона вмещает 6 согласных и секущих кварцевых, карбонатно-кварцевых и кварц-полевошпатовых жил мощностью 0,3–0,6 м. Жилы состоят из стекловидного кварца, полевого шпата, содержат прожилки и линзы кальцита, включения обломков вмещающих пород. Вмещающие породы в контактах с жилами серицитизированы, окварцованы и сульфидизированы. Среди рудных минералов в жилах преобладает пирит (5–15 %), реже встречаются пирротин, халькопирит, галенит, молибденит и золото.

Золото в кварце мелкой и средней крупности, иногда встречались небольшие самородки разнообразной формы с округлыми очертаниями и блестящей, как бы оплавленной поверхностью. В сланцах и диафоритах золото находится в виде тонких листочков и скорлупок. Результаты изучения размеров и форм выделений самородного золота в рудах месторождения изложены в публикации [15]. Установлено, что золото месторождения – от весьма мелкого (0,1–0,25 мм) до мелкого (0,25–1 мм), средней крупности (1–2 мм) и крупного (>2 мм). Преобладает золото

средней крупности (44,21 %) и крупное (34,76 %). Золотины изометричной, удлинённой и уплощённой форм, среди кристаллических форм встречаются ромбододекаэдры, кубооктаэдры и сочетания кубооктаэдра и ромбододекаэдра. Проба высокая (900–950) и весьма высокая (951–998). Среди примесей выявлены медь, железо и марганец. В другой публикации [16] отмечается высокая проба золота месторождения – 964,3 ‰. Среди примесей установлены (в г/т): Cu – 740, Te – 360, Fe – 150 и Mn – 11.

Верхняя часть месторождения до глубины 25–40 м расположена в зоне интенсивного окисления. Продукты окисления с богатым золотом накапливались в полостях, образуя линзы и карманы. Охристая сыпучка зоны окисления являлась основным объектом добычи. Из охристых гнезд добывались крупные зерна золота и небольшие (до 1,5 г) самородки. Кроме того, отработывались наиболее богатые участки кварцевых и карбонатно-кварцевых жил с видимым золотом, местами вмещающие окварцованные диафориты.

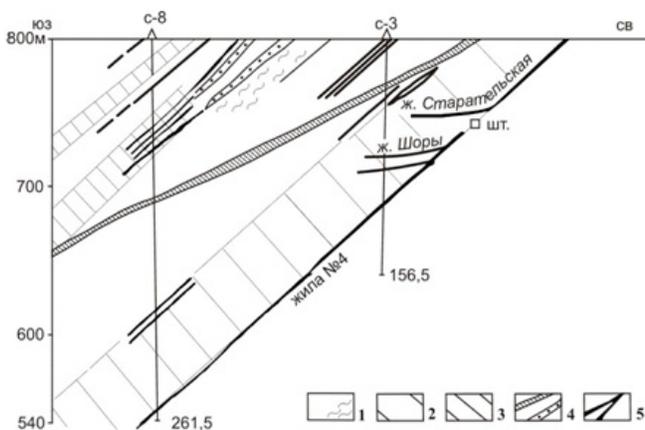


Рис. 4. Разрез месторождения Золотая Гора (по: Г.К. Цивелев, 1960 г.). 1 – биотитовые и двуслюдяные гнейсы с зонами диафоритов, 2 – пачки переслаивания гнейсов и амфиболитов, 3 – биотит-амфиболовые гнейсы и амфиболиты, 4 – дайки микродиоритов (а), фельзитов и сиенит-порфиров (б), 5 – золоторудные жилы

Повышенные содержания золота приурочены к участкам жил на контактах с амфиболитами и графитсодержащими гнейсами. Содержание золота в окисленных рудах достигало 20 и даже 60 кг/т. Среднее содержание золота в первичных рудах 7,1 г/т (жила Шоры).

Изотопный возраст золотого оруденения определен Rb-Sr-методом в лаборатории изотопной геологии ВСЕГЕИ на приборе МИ-1201Т. Анализ подвергались полевые шпаты из золотоносных жил. В результате получена изохрона возрастом 155 ± 7 млн лет, что соответствует границе киммериджского и оксфордского веков верхнеюрской эпохи [17].

Перспективы Соловьевского центра на рудное золото

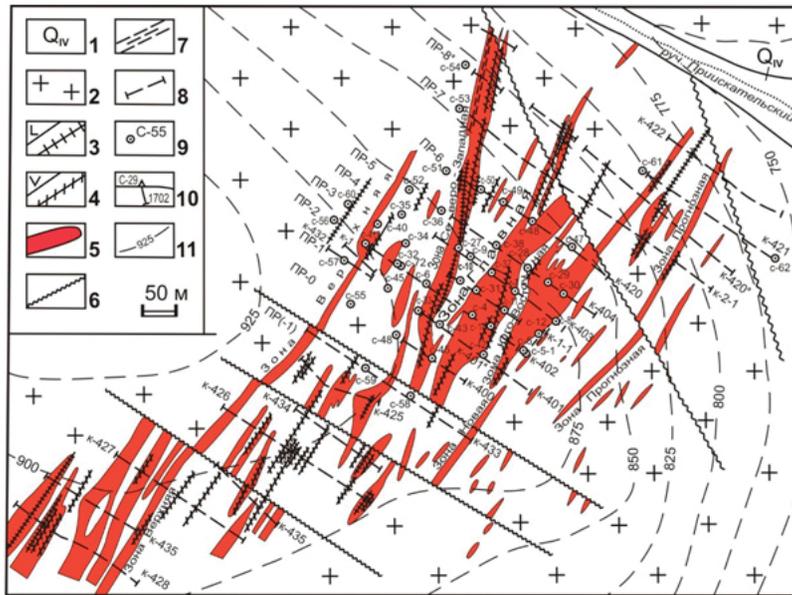
В пределах Соловьевского центра находятся в эксплуатации месторождения Березитовое золотополиметаллической и Соловьевское золотосульфидно-кварцевой формаций. Небольшим резервом с запасами около 2 т золота является месторождение Снежинка. Дальнейшие перспективы центра связаны с выявлением новых месторождений, доизучением и переоценкой известных в пределах центра разнообразных проявлений золота, в том числе карлинского типа золотортутной формации.

Месторождение Снежинка расположено в бассейне р. Урка (правый приток р. Амур), в 32 км севернее железнодорожной станции Ерофей Павлович Транссибирской магистрали. Основную часть площади месторождения занимают лейкократовые граниты и граносиениты, которые на западе прорывают биотит-роговообманковые граниты и гранодиориты, а на юге – диориты и габбро-диориты юрского возраста. Юрские гранитоиды внедрены в вулканогенно-осадочные породы, представленные покровными порфирами, туфолавами, туффитами и туфоосадочными породами. В зоне контакта гранитов и вулканитов находятся рудоносные субвулканические сиенит-порфиры и граносиенит-порфиры. Они повсеместно окварцованы, хлоритизированы, серицитизированы, гидрослюдизированы, сульфидизированы и березитизированы. С березитами связано золотое оруденение (рис. 5).

Рудными телами являются зоны прожилкового окварцевания и минерализованные линейные зоны динамометаморфизма, иногда карбонатно-кварцевые жилы. Руды на 98–99 % состоят из кварца, слюдисто-гидрослюдистых образований, полевых шпатов и карбонатов. Количество рудных минералов не превышает 2,1 %. Среди них отмечаются пирит, халькопирит, арсенопирит, галенит и сфалерит. Золото от тонкого и мелкого до крупного. Золотины имеют изометричную, неправильную, уплощенно-удлиненную с ветвистыми отростками и компактную форму. Проба меняется от 682–772 до 849 ‰.

Перспективы выявления новых месторождений связаны в первую очередь с доизучением и переоценкой 128 известных в пределах центра проявлений золота. Из них 58 проявлений являются представителями золотокварцевой формации, 22 – золотосульфидно-кварцевой и 8 – золотополиметаллической. Проявления других формаций единичны: золотосульфидная – 4, золотортутная – 4, золоторедкометалльная – 2, золотосеребряная – 1, золотосурьмяная – 1, золото-медно-молибден-порфиновая – 1. Сравнительный анализ проявлений и эталонных месторождений Соловьевского золоторудного центра позволил выделить наиболее перспективные.

Из проявлений золотополиметаллической формации наибольший интерес представляют Аэродромное, Иншуты и Кварцитовое Березитового, Багдыглия Джелтулакского, Курбатовское и Фарт Талгинского, Эврика Успеновского и Махтинское Золотогорского рудно-россыпных узлов. К перспективным проявлениям золотосульфидно-кварцевой формации отнесены Светлое Уркинского, Береговое, Фланговое, Иличинское и Монго Березитового, Кашинское Соловьевского, Кипучее и Иличинское Джелтулакского, Софийское и Островное Талгинского рудно-россыпных узлов. Проявления золотокварцевой формации преобладают на площади Соловьевского центра. В большинстве случаев они представлены отдельными слабо изученными кварцевыми жилами и не имеют большого промышленного значения ввиду малых параметров рудных тел. Но некоторые из них могут быть



Геологический разрез по профилю № 3

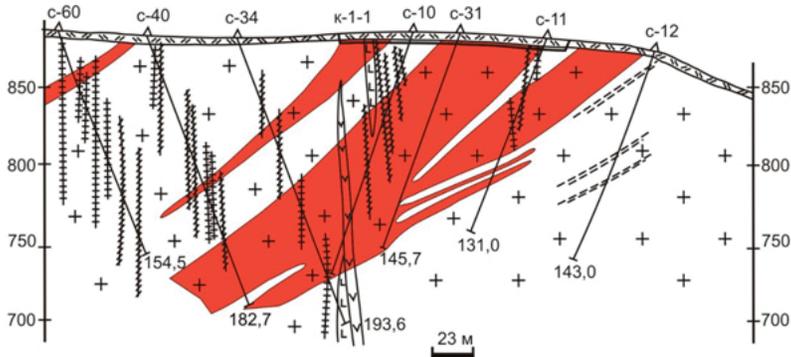


Рис. 5. Месторождение Снежинка (И.Ю. Емельянов и др., 2017 г.).

1 – аллювиальные отложения четвертичного периода (Q_{IV}), 2 – граниты, граносиениты (J_3), 3 – дайки диоритовых порфиров (K_2), 4 – дайки диоритов, микродиоритов, спессартитов (K_2), 5 – рудные зоны, представленные березитами, 6 – разломы, 7 – зоны интенсивной трещиноватости, 8 – канавы и их номера, 9 – скважины на схеме и их номера, 10 – скважины на разрезе, их номера и глубина, м, 11 – изолинии высот, м

индикаторами наличия крупнообъемных прожилково-вкрапленных зон или зон окварцованных метасоматитов с промышленными содержаниями золота. К ним отнесены следующие: Улягир Уркинского, Орогжан Березитового, Бальдежак Малый Соловьевского, Осеннее и Анамжак Уркиминского, Иличи Джелтулакские и Гульде Джелтулакского, Заветное и Могоктак Талгинского, Миллионное Успенковского, а также Перевальное, Новая Аляска и Вершининское Золоторгского рудно-россыпных узлов. Детальное описание проявлений приведено нами ранее [5].

Кроме того, в Соловьевском РРУ центра имеются перспективы выявления крупных месторождений карлинского типа золоторгунной формации. Они прогнозируются под погребенной Нагиминской и карстово-аллювиальной Джалиндинской россыпями Нагиминского прогнозируемого рудного поля (Р.Н. Ахметов, 2001 г.). Здесь наблюдаются следующие признаки наличия месторождений типа карлин: зоны континентальных рифтов, карбонатные углеродсодержащие толщи, надвиги и взбросы, процессы окремнения,

карбонатизации и сульфидизации известняков, присутствие вторичных кварцитов и аргиллизитов, ореолы золота и киновари, высокая проба золота (900–950 ‰), наличие золота рудного облика. Обе погребенные россыпи приурочены к разлому субширотного направления и находятся на расстоянии 7–8 км друг от друга (рис. 6).

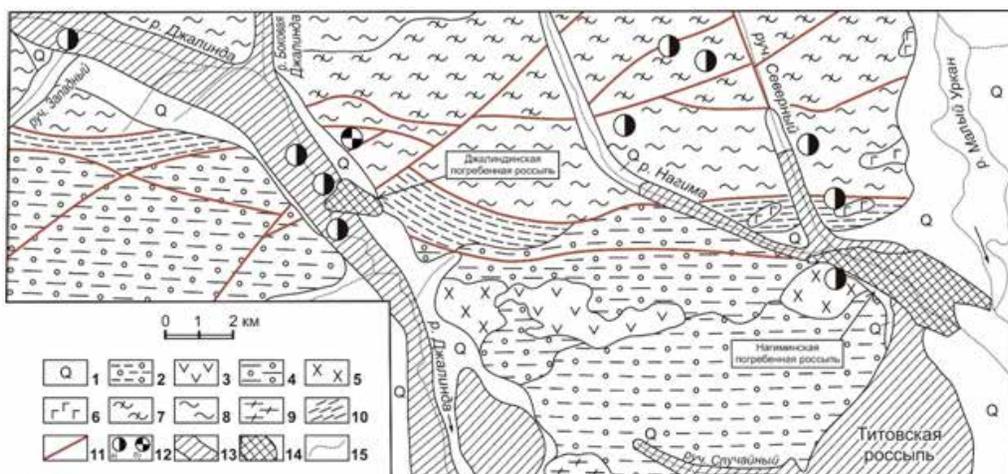


Рис. 6. Схема геологического строения Нагиминского прогнозируемого золоторудного поля (Р.Н. Ахметов, 2001 г.).

1 – четвертичные аллювиальные отложения: галечники, пески, щебень, глыбы, суглинки, илы, глины, супеси; 2 – палеоценовые отложения кивдинской свиты: глины каолиновые, алевроиты с бурым углем, прослой кварцевых песчаников; 3 – раннемеловые андезиты, их туфы; 4 – позднеюрско-раннемеловые конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты; 5 – позднепалеозойские интрузии диоритов; 6 – позднепалеозойские интрузии габбро; 7 – среднепалеозойские отложения преобразеновской свиты: песчаники, зелёные сланцы; 8 – среднепалеозойские отложения крестовской свиты: филлитизированные алевролиты, филлиты, алевро-песчаники, известковистые песчаники и сланцы, известняки, зеленые сланцы, кремнистые породы; 9 – позднеархейские гнейсы биотитовые и двуслюдяные; 10 – зоны расщепления пород; 11 – разломы; 12 – рудопоявления: а) золота, б) сурьмы; 13 – верхнеплейстоцен-голоценовые россыпи золота; 14 – олигоцен-миоценовые погребенные «россыпи»; 15 – водотоки

На основании изучения отвалов отработки Нагиминской россыпи Р.Н. Ахметов предполагает, что золотосодержащие вмещающие россыпь породы являются не стратиграфическими осадочными отложениями аллювиально-пролювиального генезиса, а аргиллизированными туфобрекчиями олигоцен-миоценового возраста (Р.Н. Ахметов, 2001 г.). Ниже «погребенной россыпи» установлена зона мощностью более 26 м золотоносных аргиллизированных позднемеловых конгломератов с тонкодисперсным золотом с содержанием до 3,4 г/т, среднее на 26 м – 0,8 г/т. Выполненные измерения паров ртути в почвенном воздухе по южному борту карьера в районе буровых линий 45–49 показали, что золотоносные аргиллизированные конгломераты характеризуются повышенными их значениями (до 47×10^{-9} мг/л), превышающими фоновые в 2–2,5 раза. Поэтому в Нагиминском рудном поле можно ожидать выявление золоторудных тел в аргиллизированных палеозойских карбонатных породах. Вероятно, Нагиминская и Джалиндинская погребенные россыпи расположены непосредственно над рудными телами оруденения карлинского типа. Ресурсы золота Нагиминского рудного поля оцениваются Р.Н. Ахметовым в 400–500 т золота.

Заключение

В Приамурской золотоносной провинции исторически сложились три центра рудной золотодобычи – Соловьевский, Гонжинский и Токурский. Добыча золота в Соловьевском золоторудном центре началась в конце XIX в. с эксплуатации богатых

сульфидно-кварцевых жил Джалиндинского (Кировского) месторождения и продолжается в настоящее время на месторождениях Березитовое и Соловьевское. Всего к настоящему времени добыто около 53 т рудного золота. Продолжается эксплуатация Березитового и Соловьевского месторождений. Небольшим резервом служит недавно разведенное месторождение Снежинка. Дальнейшие перспективы Соловьевского центра связаны с выявлением новых золоторудных месторождений при доизучении большого количества имеющихся в пределах центра проявлений золотополиметаллической, золотосульфидно-кварцевой и золотокварцевой формаций. Наиболее перспективные из них выбраны на основе сравнительного анализа с эталонными месторождениями центра. Особое внимание следует уделить прогнозу выявления в Соловьевском РПУ месторождений карлинского типа золоторудной формации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Степанов В.А. Перспективы Приамурья на рудное золото // Региональная геология и металлогения. 2019. № 77. С. 98–109.
2. Мельников А.В., Степанов В.А. История рудного золота Приамурья. Благовещенск: АмГУ, 2021. 160 с.
3. Алексеев Я.В., Заскинд Е.С., Конкина О.М. К вопросу выделения минерально-сырьевых центров твердых полезных ископаемых // Отечественная геология. 2021. № 3. С. 19–27.
4. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Объяснительная записка. СПб: Благовещенск; Харбин: ВСЕГЕИ, 1999. 135 с.
5. Мельников А.В., Степанов В.А. Рудно-россыпные узлы Приамурской золотоносной провинции. Ч. 2. Центральная часть провинции. Благовещенск: АмГУ, 2014. 300 с.
6. Вах А.С., Авченко О.В., Карабцов А.А. Червандонит-(СЕ) в рудах Березитового месторождения – вторая находка в мире // Тихоокеан. геология. 2010. № 3. С. 14–23.
7. Вах А.С. Золотая минерализация и особенности генезиса Березитового полиметаллического месторождения (Верхнее Приамурье): автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1989. 23 с.
8. Месторождения рудного золота Приамурской провинции / под ред. В.А. Степанова. Благовещенск: АмГУ, 2017. 150 с.
9. Мельников А.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Сорокин А.П. Золотополиметаллическое месторождение Березитовое: основные минерагенические особенности, возраст и связь с магматизмом // Геология и геофизика. 2009. № 3. С. 258–265.
10. Гуров Л.П. Минеральные ассоциации Кировского золоторудного месторождения (Верхнее Приамурье) // Золотая минерализация Верхнего и Среднего Приамурья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 11–86.
11. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков / под ред. И.А. Васильева. Благовещенск: КИПР Амурской области, 2000. 168 с.
12. Гвоздев В.И., Горячев Н.А., Вах А.С. и др. Минеральный состав и типоморфные особенности минералов золоторудных жил Кировского месторождения (Верхнее Приамурье) // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 6. С. 40–51.
13. Моисеенко В.Г., Степанов В.А., Шергина Ю.П. Возраст формирования Кировского золоторудного месторождения // ДАН. 1999. Т. 369, № 3. С. 354–356.
14. Вах А.С., Авченко О.В., Горячев Н.А. Новые изотопные U-Pb-данные о возрасте метаморфических и магматических пород восточной оконечности Селенгино-Станового орогенного пояса // ДАН. 2013. Т. 450, № 4. С. 432–439.
15. Мельников Н.В., Мельникова О.И. Самородное золото месторождения Золотая Гора // Геология и минеральные ресурсы Амурской области. Благовещенск: Амургеолком, 1995. С. 128–133.
16. Неронский Г.И. Типоморфизм золота месторождений Приамурья. Благовещенск: АмурНЦ ДВО РАН, 1998. 286 с.
17. Степанов В.А. Этапы формирования и генезис золоторудных месторождений Приамурья // ДАН. 2005. Т. 403, № 1. С. 83–87.

REFERENCES

1. Stepanov V.A. Perspektivy Priamur'ya na rudnoye zoloto. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2019;(77): 98-109. (In Russ.).
2. Mel'nikov A.V., Stepanov V.A. Istoriya rudnogo zolota Priamur'ya. Blagoveshchensk: AmGU; 2021. 160 p. (In Russ.).

3. Alekseev Ya.V., Zaskind E.S., Konkina O.M. K voprosu vydeleniya mineral'no-syr'evykh centrov tvyordykh poleznykh iskopaemykh. *Otechestvennaya geologiya*. 2021;(3):19-27. (In Russ.).
4. Geologicheskaya karta Priamur'ya i sopredel'nykh territorij. Ob"yasnitel'naya zapiska. SPb; Blagoveshchensk; Harbin: VSEGEI; 1999. 135 p. (In Russ.).
5. Mel'nikov A.V., Stepanov V.A. Rudno-rossypnye uzly Priamurskoj zolotonosnoj provincii. CHast' 2. Central'naya chast' provincii. Blagoveshchensk: AmGU; 2014. 300 p. (In Russ.).
6. Vah A.S., Avchenko O.V., Karabcov A.A. CHervandonit-(CE) v rudah Berezitovogo mestorozhdeniya – vtoraya nahodka v mire. *Tihookeanskaya geologiya*. 2010;(3):14-23. (In Russ.).
7. Vah A.S. Zolotaya mineralizaciya i osobennosti genezisa Berezitovogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya (Verhnee Priamur'e). Avtoreferat dissertacii kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. Vladivostok; 1989. 23 p. (In Russ.).
8. Stepanov V.A. (ed.). Mestorozhdeniya rudnogo zolota Priamurskoj provincii . Blagoveshchensk: AmGU. 2017. 150 p. (In Russ.).
9. Mel'nikov A.V., Sorokin A.A., Ponomarchuk V.A., Travin A.V., Sorokin A.P. Zolotopolimetallicheskoe mestorozhdenie Berezitovoe: osnovnye mineragenicheskie osobennosti, vozrast i svyaz' s magmatizmom. *Geologiya i geofizika*. 2009;(3):258-265. (In Russ.).
10. Gurov L.P. Mineral'nye associacii Kirovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Verhnee Priamur'e). In: *Zolotaya mineralizaciya Verhnego i Srednego Priamur'ya*. Vladivostok: DVNC; 1978. P. 11-86. (In Russ.).
11. Vasil'ev I.A. (ed.). Mineral'no-syr'evaya baza Amurskoj oblasti na rubezhe vekov / Blagoveshchensk: KPR Amurskoj oblasti; 2000. 168 p. (In Russ.).
12. Gvozdev V.I., Goryachev N.A., Vah A.S. i dr. Mineral'nyj sostav i tipomorfnye osobennosti mineralov zolotorudnykh zhil Kirovskogo mestorozhdeniya (Verhnee Priamur'e). *Tihookeanskaya geologiya*. 2013;32(6):40-51. (In Russ.).
13. Moiseenko V.G., Stepanov V.A., Shergina Yu.P. Vozrast formirovaniya Kirovskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya. *DAN*. 1999;369(3):354-356. (In Russ.).
14. Vah A.S., Avchenko O.V., Goryachev N.A. Novye izotopnye U-Pb-dannye o vozraste metamorficheskikh i magmatischeskikh porod vostochnoj okonechnosti Selengino-Stanovogo orogennogo poyasa. *DAN*. 2013;450(4):432-439. (In Russ.).
15. Mel'nikov N.V., Mel'nikova O.I. Samorodnoe zoloto mestorozhdeniya Zolotaya Gora. In: *Geologiya i mineral'nye resursy Amurskoj oblasti*. Blagoveshchensk: Amurgeolkom; 1995. P. 128-133. (In Russ.).
16. Neronskij G.I. Tipomorfizm zolota mestorozhdenij Priamur'ya. Blagoveshchensk: AmurNC DVO RAN; 1998. 286 p. (In Russ.).
17. Stepanov V.A. Etapy formirovaniya i genezis zolotorudnykh mestorozhdenij Priamur'ya. *DAN*. 2005;403(1): 83-87. (In Russ.).