

УДК 553.04

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2026-65-2-80-87

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЯППЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ) И ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ОТРАБОТКЕ

Максим Вадимович Кузнецов<sup>1</sup>, Михаил Александрович Богуславский<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; lkuznetsov.maximl@yandex.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; mboguslavskiy@yandex.ru ✉

**Аннотация.** Геологические данные по золоторудному месторождению Дяппе позволяют оценить потенциальные ресурсы сурьмы. По защищенному в 2019 г. технико-экономическому обоснованию постоянных кондиций единственным полезным компонентом является рудное золото. В середине прошлого века на месторождении сурьма отрабатывалась в промышленных масштабах из приповерхностных шахт и штолен. Сурьма на месторождении представлена гнездами антимонита в кварцевых жилах размером до 30 см. Проанализированы методики разведки и сделана оценка возможности доразведки сурьмы, а также показано, почему при данной схеме детальной разведки промышленные залежи сурьмы не были оконтурены предшественниками. В результате поведенного анализа были оценены ресурсы сурьмы в 250 т.

**Ключевые слова:** сурьма, золото, Дяппе, геологоразведочные работы, антимонит, комплексное освоение

**Для цитирования:** Кузнецов М.В., Богуславский М.А. Геологические особенности месторождения Дяппе (Хабаровский край) и возможности комплексного подхода к отработке // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2026. № 2. С. 80–87.

## GEOLOGICAL PECULIARITIES OF THE DYAPPE DEPOSIT (KHABAROVSK TERRITORY) AND OPPORTUNITIES FOR AN INTEGRATED APPROACH TO DEVELOPMENT

Maksim V. Kuznetsov<sup>1</sup>, Mikhail A. Boguslavsky<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; lkuznetsov.maximl@yandex.ru

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; mboguslavskiy@yandex.ru ✉

**Abstract.** The geological data of the Dyappe gold deposit allow us to estimate the potential resources of antimony. According to the feasibility study approved in 2019, the only main component is gold. In the middle of the last century, antimony was mined on an industrial scale from surface mines and tunnels at the deposit. Antimony at the deposit is represented by antimony nuggets in quartz veins up to 30 cm in size. Exploration methods were analyzed, the possibility of further exploration for antimony was assessed, and it was shown why industrial antimony deposits could not be delineated using current exploration scheme. As a result of the analysis, antimony resources were estimated at 250 tons.

**Keywords:** antimony, gold, Dyappe, geological exploration, antimonite, integrated development of a deposit

**For citation:** Kuznetsov M.V., Boguslavsky M.A. Geological peculiarities of the Dyappe deposit (Khabarovsk Territory) and opportunities for an integrated approach to development. *Moscow University Geol. Bull.* 2026; 2: 80–87. (In Russ.).

**Введение.** Золоторудное месторождение Дяппе находится на территории Ульчского района Хабаровского края, расположено в Сихотэ-Алинской золотоносной провинции в раннемеловом Журалевско-Амурском турбидитовом бассейне. Золотоносная зона, протяженностью 18 км, контролируется северо-восточным Дяппенским разломом. В области его динамического влияния прослеживается зона динамометаморфизма (шириной более 1 км) в осадочных породах верхнего мела, которые смяты в складки северо-восточного простирания. Месторождение приурочено к выходу на поверхность небольшой интрузии кварцевых диоритов, которая прорывает песчанистые алевролиты позднемелового возраста [Юшманов, 2014].

Золоторудное месторождение Дяппе было открыто в 1935 г. С.А. Орешкиным, а в 1936–1942 гг. проводилась добыча золота и сурьмы. На тот момент рудные тела были представлены системой кварцевых жил и жильно-прожилковых зон, локализованных в интрузивных породах и вблизи них. Мощность жил составляла в среднем около 30 см с протяженностью до 800 м и северо-восточным простиранием. При этом рудные тела были изучены только шурфами и штольнями на глубину до 30 м. За данный период эксплуатации было добыто 9472 т руды, извлечено 177,6 кг золота и добыто 15,0 т сурьмы при 30 % ее содержании [Юшманов, 2016]. По итогам работ на государственный баланс полезных ископаемых были поставлены забалансо-

вые запасы золота в размере около 2 т со средним содержанием 7,2 г/т.

Далее в 1991–1993 гг. проводились поисково-оценочные, а затем в XXI веке — разведочные работы, итогом которых стало технико-экономическое обоснование постоянных кондиций 2019 г. с постановкой на баланс более 60 т золота. В проводимых работах сурьма в значимом количестве (от 0,1 %) встречалась лишь в небольшой доле проб, поэтому подсчитывать ее отдельно принято нецелесообразным.

Сурьма является ключевым компонентом в ряде сплавов, используемых в производстве вооружений и специальной техники. Данный фактор обуславливает ее включение в перечень стратегически значимых металлов в РФ, США и странах ЕС [Распоряжение..., 2022]. Анализ текущей рыночной динамики позволяет прогнозировать устойчивый рост данного сегмента [Дорохова, 2024].

**Материалы и методы исследования.** Основой материала для проведения исследований по определению сурьмяной минерализации являются привязанные в пространстве результаты почти 26 тысяч анализов ICP-AES и почти 19 км описанного кернового материала.

Методикой исследования является историко-геологический анализ данных, а также построение 3D модели в tНавигатор золотой и сурьмяной минерализации с использованием результатов ICP-AES и бортового содержания 0,1 %, обусловленного технологическим требованием по минимальному содержанию для переработки руд.

**Геология рудного поля месторождения Дяппе.** Рудное поле месторождения Дяппе расположено в пределах Лимури-Дяппенской зоны смятия северо-восточного простирания и приурочено к центральной части Дяппенской очаговой структуры. Структура тяготеет к ядру синклинали складки и имеет в плане изометричную форму размером 12 × 12 км<sup>2</sup>.

Рудное поле месторождения представляет собой сложный тектонический узел, насыщенный нарушениями различных направлений. Блок пород, вмещающий собственно месторождение, ограничен секущими складчатостью северо-западными и согласными со складчатостью северо-восточными тектоническими разрывами.

Осадочные отложения на месторождении представлены толщей флишоидного переслаивания алевролитов, алевропесчаников и песчаников, с явным преобладанием алевролитов мелового возраста.

Осадочные породы на площади месторождения образуют ряд крупных антиклинальных и синклинали складок северо-восточного простирания с падением крыльев на северо-запад и юго-восток с углами падения от 50° до 90°. Эти складки осложнены мелкой складчатостью более высоких порядков, но из-за отсутствия устойчивых маркирующих горизонтов и однообразия пород толщи их выделение

затруднительно. Осадочные отложения прорваны позднемеловыми интрузиями кварцевых диоритов, гранодиоритов, диоритов и многочисленными сериями даек различного состава.

Интрузивные породы, представленные кварцевыми диоритами, слагают в центральной части месторождения (водораздел р. Дяппе и руч. Северного) вытянутую в северо-восточном направлении интрузию трещинного типа. Внедрение этой интрузии происходило в области пересечения рудоподводящего разлома осевой поверхности синклинали складки. К моменту внедрения интрузии уже существовали нарушения, осложняющие внутриблоковую структуру, что сказалось на ее форме, принявшей сложный амебообразный вид. Фазовый состав интрузии кварцевых диоритов неоднороден: от диоритов до кварцевых диоритовых порфиритов и гранодиоритов. Характерно наличие в интрузии ксенолитов габброидных пород, что, наряду с другими признаками, указывает на многофазность интрузивного магматизма Дяппенского массива.

Вокруг этой интрузии, особенно в северо-западном секторе площади, закартирован еще ряд малых интрузивных тел диоритового и кварц-диоритового составов. Возможно, что часть из них является апофизами единой Дяппенской интрузии. Внедрение некоторых серий дайковых пород совпало с формированием интрузивных массивов, являясь производными этих массивов или имеющими с ними общий магматический очаг.

Все изверженные породы отнесены при геологической съемке масштаба 1 : 50 000 к единому позднемеловому Нижнеамурскому интрузивному комплексу (рис. 1). Формирование изверженных пород, развитых на площади месторождения, происходило в 3 фазы (от ранних к молодым) [Екимов, 2011]:

1 фаза — интрузии диоритов, кварцевых диоритов, диоритовых порфиритов, кварцевых диоритовых порфиритов; дайки диоритов, спессартитов, андезибазальтов, диоритовых порфиритов;

2 фаза — интрузии гранодиоритов; дайки кварцевых диоритов, кварцевых диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиритов;

3 фаза — дайки габбродиоритов, андезитов, дайки гранит-аплитов.

На месторождении Дяппе выявлена система тектонических нарушений разной амплитуды, протяженности и простирания, образующих блоковую структуру района месторождения. Наиболее древними нарушениями, заложившимися в начальный период складкообразования, являются согласные со складчатостью северо-восточные тектонические разломы (простирание 60–80°).

Более молодыми тектоническими нарушениями, играющими немаловажную роль в формировании рудных тел месторождения, являются кососекущие к складчатости разломы северо-северо-восточного направления (35–40°).

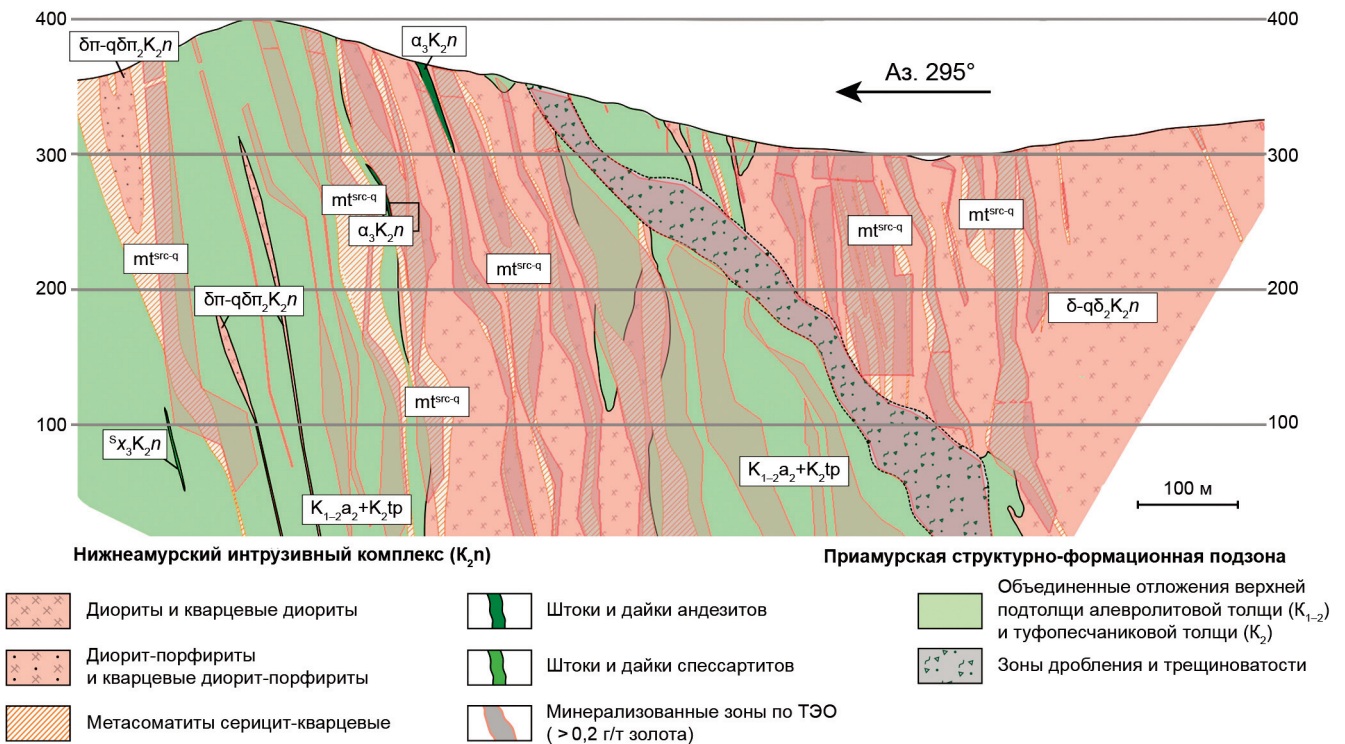


Рис. 1. Схематический разрез месторождения Дяппе по азимуту 295°

В следующий этап произошло образование близ-меридиональных и чуть позже северо-западных тектонических разломов. По ним происходит разрыв и перемещение отдельных участков нарушений северо-восточного простирания, хотя последние позже могли и подновляться. Крупные тектонические разломы северо-восточного простирания обычно сопровождаются мощными зонами дробления (до 30 м) и сопутствующей трещиноватостью.

Процесс формирования комплекса изверженных пород завершился гидротермальной фазой, с которой и связаны золоторудные зоны месторождения Дяппе.

**Генезис месторождения Дяппе.** Образование золоторудного месторождения Дяппе происходило непосредственно в связи с постмагматической гидротермальной деятельностью в условиях средних глубин. Об этом свидетельствует приуроченность золоторудных тел месторождения к эндо- и экзоконтактам малых интрузий и даек среднего и умеренно-кислого составов и характер метасоматических изменений интрузивных пород. По всей видимости, процесс оруденения происходил в условиях сжатия всей структурной постройки, что и привело к мощной метасоматической переработке всей массы пород, слагающих рудное поле месторождения, и широкому развитию метасоматического прожилкования.

Основные тектонические нарушения района подготовили благоприятные условия для внедрения интрузии. В следующий за внедрением интрузии период времени происходило многофазное внедрение даек различного состава и формирование рудных

тел. Вслед за периодом становления большей части дайковых образований началось проникновение гидротермальных минерализованных растворов с образованием гидротермально измененных пород.

Наиболее распространенными рудными минералами являются пирит и арсенопирит, их суммарное содержание может достигать 5%. Значительно реже встречаются халькопирит, пирротин, бурнонит, сфалерит, галенит, блёклая руда, цинкениит, магнетит. Главным промышленно ценным минералом является золото.

Золоторудные тела сложены серицит-кварцевыми, кварц-серицитовыми метасоматитами, кварцевыми жилами и зонами метасоматического и прожилкового окварцевания. Золото присутствует во всех типах гидротермально измененных пород, слагающих золоторудные тела.

Минеральный состав жил монокварцевый с незначительным количеством серицита, железистого карбоната, хлорита, рудных минералов. Текстура жильных образований брекчиевидная. Жильные брекчии состоят из обломков вмещающих пород, сцементированных и в значительной мере замещенных кварцем. Характер обломков различен. Более крупные и остроугольные обломки тяготеют к центральной части жилы, тогда как к зальбандам обычно обломки мелкие и округлые, или исчезают совершенно. В краевых частях жил наблюдается полосчатость, обусловленная чередованием кварца и тонких прослоев слабо замещенных кварцем вмещающих пород. Контакт жил с вмещающими породами резкий, четкий, вторичных изменений на контакте не отмечено. Все изученные жилы носят

тождественный характер, что говорит о сходных процессах их образования. Мощность кварцевых жил на месторождении колеблется от 0,1 до 1,2 м.

Линейные зоны прожилкового и метасоматического окварцевания, вмещающие рудные тела, сложены таким же кварцем, что и рудные тела. Их мощность достигает 70 м, прослежены по простиранию до 700–800 м. Кварц в них присутствует в виде маломощных (от долей мм до 2–3 см) прожилков, обычно разноориентированных, но образующих единую линейную зону. Кварц в них обычно нескольких генераций. Как правило, сопровождаются такие зоны интенсивной сульфидизацией, которая обычно характерна для вмещающих прожилки пород. Особенно характерен интенсивный метасоматоз для интрузивных пород (до метасоматитов). Осадочные породы обычно также интенсивно окварцованы, осветлены, серицитизированы. Процесс метасоматоза в этих зонах крайне неравномерен.

Важную роль в локализации рудных тел играют зоны серицит-кварцевых и кварц-серицитовых метасоматитов. Мощность их достигает 20 м, по простиранию прослежены на незначительные расстояния (150–200 м). Метасоматиты содержат сульфидную минерализацию.

Самородное золото в свободном виде встречается достаточно редко и в незначительном количестве. Золото выполняет трещины в кварце, причем форма его выделений большей частью неправильная, ксеноморфная, подчиняющаяся очертаниям выполненных им трещин. Кроме свободного золота, отмечается содержание микродисперсного золота в сульфидах. Установлена тесная ассоциация золота с арсенопиритом [Савва, 1989]. Основная часть арсенопиритовых зерен идиоморфных очертаний приурочена к краям золотинок. В отдельных золотинок отмечаются многочисленные включения арсенопирита размером около 10 мкм в поперечнике.

Наиболее благоприятным для локализации оруденения являются кварцевые прожилки [Пискунов, 1989; Фомин, 1991]. Для месторождения характерно присутствие некоторых минералов во всех разновидностях вмещающих пород с переменным количеством. Так, основная масса пирита, содержание которого составляет 3,5 %, приурочена к осадочным породам, где он образует существенно пиритовые прожилки. Максимально благоприятными для кристаллизации арсенопирита являются метасоматиты (березиты). Здесь его содержание в среднем превышает 4 %. Напротив, березиты не являются благоприятными для отложения пирротина. Основная его масса (2,5 %) отмечается в осадочных породах. В незначительных количествах он присутствует в кварцевых прожилках (2,2 %) и интрузивных образованиях (0,4 %). Халькопирит равномерно распределен во всех типах вмещающих пород, где его содержание изменяется от 0,3 до 0,8 %. Повышенные содержания антимонита (до 4 %) отмечаются в кварцевых прожилках.

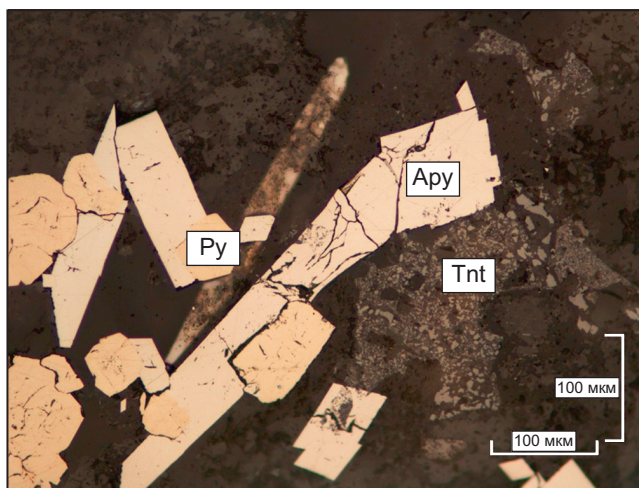


Рис. 2. Срастание пирита с идиоморфными кристаллами арсенопирита, в котором по микротрещинам развивается теннантит (аншлиф в отраженном свете) (скв. С-6013, гл. 229.2 м)

Хотя последовательно образованные минеральные ассоциации не всегда разделены четким временным перерывом и связаны постепенными переходами, можно выделить определенные минеральные ассоциации, отражающие стадии процесса минерализации.

Поскольку жильный кварц на площади месторождения является главным минералом, с которым связана золоторудная минерализация, прослеживается его связь с рудными минералами, и выделяются типы (стадии) минерализации, связанные с ним. Предполагается 6 таких стадий:

- золото-кварцевая;
- пирит-арсенопирит-кварцевая;
- золото-пирит-арсенопирит-кварцевая;
- сульфидно-кварцевая с золотом;
- антимонит-кварцевая;
- позднекварцевая безрудная.

Кварц первой стадии характеризуется низкими (до 1–2 г/т) содержаниями золота и практически полным отсутствием рудных минералов.

Кварц второй стадии не содержит золота, хотя, как и кварц третьей стадии, содержит вкрапленность пирита и арсенопирита.

Главная продуктивная 3-я стадия, к которой относятся наиболее богатые кварцевые жилы, — золото-пирит-арсенопиритовая. Количество сульфидных минералов обычно не превышает 2–3 % (рис. 2). Кварц этой стадии нередко имеет брекчиевидную текстуру и содержит многочисленные обломки черных алевролитов.

В кварце четвертой стадии присутствуют сульфиды свинца и цинка, мелкозернистый арсенопирит, минералы висмута и серебра. Содержание золота в большинстве случаев не превышает 1–2 г/т.

В кварц-антимонитовых жилах пятой стадии содержание сурьмы достигает 15 %. Сурьма, находящаяся в составе гидротермальных растворов, отлагалась в виде секущих кварц-антимонитовых жил,

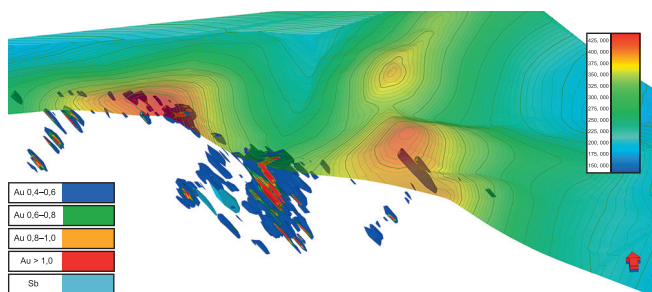


Рис. 3. 3D модели распределения сурьмы от 0,1% и золота от 0,4 г/т северо-восточной части месторождения Дяппе от разреза по азимуту 295°

таким образом можно говорить о поздних стадиях процесса рудообразования.

В молочно-белом скрытокристаллическом кварце поздней стадии золото отсутствует.

Утверждать о соотношении во времени образования золота и сурьмы сложно, однако построенная 3D модель на основе данных разведочных работ позволяет говорить о разных стадиях их минерализации. Построенные числовые модели сурьмы от 0,1% и золота от 0,4 г/т указывают на отсутствие пространственной связи между элементами (рис. 3).

Все вышеперечисленное позволяет отнести месторождение Дяппе к золото-кварцевой формации средних глубин и гидротермально-метасоматическому типу.

**Сурьма.** Основной минерал-носитель сурьмы на месторождении Дяппе — антимонит (рис. 4). Антимонит образует удлиненно-призматические кристаллы и их радиально-лучистые агрегаты, часто выполняющие трещины в кварце. Размер сростаний может достигать 30 см. В составе антимонита установлены высокие содержания железа (0,3%), мышьяка (0,1%), серебра (0,001%). Помимо антимонита, на Дяппе так же встречаются галенит и джемсонит.

Галенит — сравнительно редкий минерал. Является одним из наиболее поздних минералов кварц-сурьмяной минеральной ассоциации. Образует линзовидные обособления размером до 1,0 мм. В сростании с пиритом его границы коррозионные, в нем видны остатки от замещаемого пирита. По отношению к другим сульфидам галенит ксеноморфен.

Джемсонит встречается в кварц-сурьмяной минеральной ассоциации. Джемсонит образует выделения неправильной формы и агрегаты пластинчатых зерен, петель, заполняя промежутки между слегка корродированными зернами кварца, а иногда и образуя вроски в них. Тесно ассоциирует с арсенопиритом, местами цементируя его раздробленные зерна, а местами сростается с ним, образуя правильные границы. Это свидетельствует о том, что джемсонит образовался позже арсенопирита 4-й стадии.

К настоящему времени единственные задокументированные параметры отрабатываемых жил с антимонитом в 1940-х годах указаны в отчете [Суматов, 1940], где приведена зарисовка из забоя,

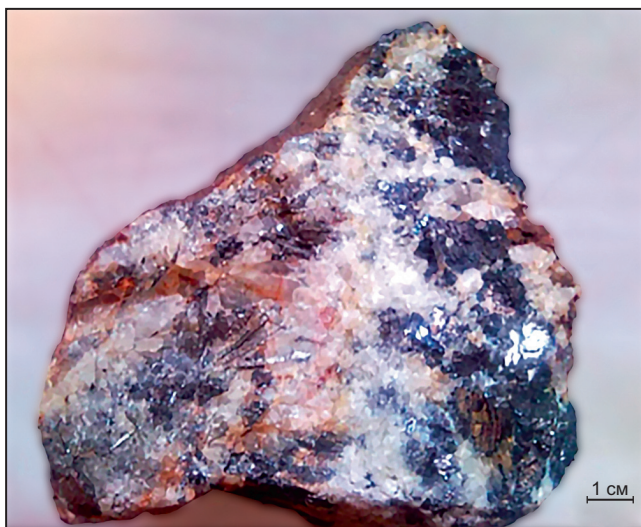


Рис. 4. Кристаллы антимонита и галенита в кварцевой жиле

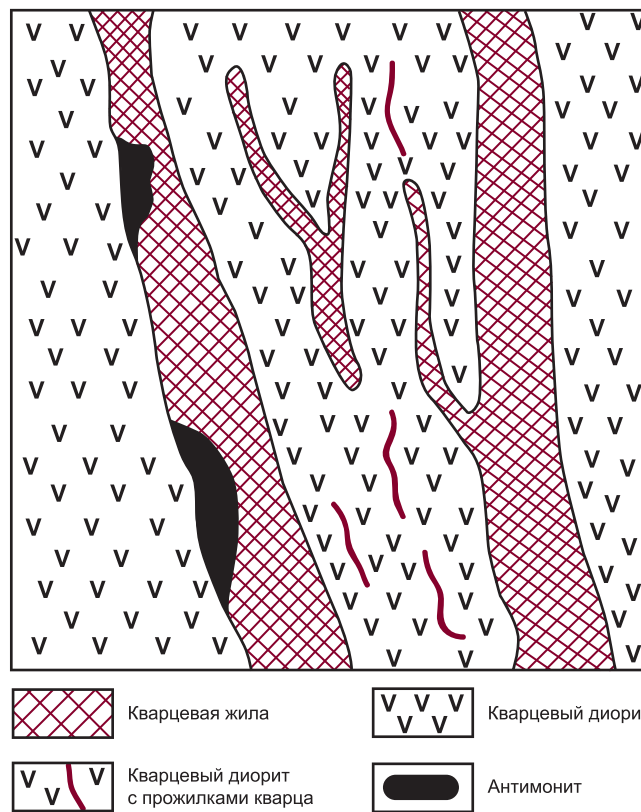


Рис. 5. Забойная зарисовка с указанием антимонита в кварцевых жилах [Суматов, 1940]

где представлены желваки антимонита в кварцевых жилах мощностью около 30 см (рис. 5).

Архивные зарисовки забоя демонстрируют, что антимонит занимает до 5% площади в плоскости обнажений.

Морфология рудных тел сурьмы позволяет получать крупнокусковой товарный продукт без дополнительных технологических переделов, таких как флотация, по качеству (от 30% Sb) и гранулометрическому составу отвечающего требованиям, предъявляемым к шихте при выплавке черновой

сурьмы. Принятая технология наиболее эффективна для обогащения выявленных монометалльных антимонитовых руд.

Помимо отдельных гнезд с антимонитом, можно рассматривать и совместную минерализацию сурьмы в золотоносных рудных телах, однако качество (содержание) будет значительно ниже (более чем в 10 раз) предыдущего варианта, а технологический процесс в таком случае будет совмещен с золотом, где итоговым продуктом будет являться флотоконцентрат [Лаврик и др., 2020].

**Методика оценки ресурсов сурьмы.** Согласно методическим рекомендациям ГКЗ по применению классификации запасов и прогнозных ресурсов сурьмяных руд, руды с гнездовым распределением полезного компонента (рис. 3) относятся к четвертой группе, самостоятельного промышленного значения не имеют и пригодны лишь для попутной отработки действующими предприятиями. В этой связи нет четких рекомендаций по параметрам разведочных сетей. В состав работ для подсчета запасов по категориям  $C_1-C_2$  потребуется добавить непрерывное прослеживание по штольням и штрекам, а также сгустить сеть [Методические..., 2007]. Таким образом, корректный подсчет запасов без проведения подземных горных выработок невозможен.

Современные разведочные работы, ориентированные на золото, проводились с использованием сети  $40 \times 40$  м, что не позволяет корректно оценить распределение сурьмы из-за характера распределения и морфологии рудных тел. Средняя длина керна, отбираемого на пробу, составляет метр, тогда как сами гнезда антимонита по одной оси могут достигать размеров до 30 см (рис. 3). Поэтому при отборе пробы из скважины, попавшей в антимонит, содержание сурьмы «размазывается» на всю длину пробы, искажая интерпретацию наличия сурьмы в недрах, а вероятность «промаха» в гнезда антимонита при текущих параметрах сети очень высока. По этой причине на Дяппе сурьма в значимом количестве (от 0,1 %) встречалась лишь в небольшой доле проб (до 20).

Проводимым анализом проб была атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой, где верхним пороговым значением определения для сурьмы является 1 % (таблица). В 5 пробах генеральной выборки данное значение превышало пороговое, что может означать попадание в гнездо антимонита.

В целях оценки прогнозных ресурсов каждые повышенные содержания сурьмы были приняты за потенциальное попадание в желваки. Далее были отстроены контуры кварцевых жил как рудовмещающих структур, в которые попали пробы с содержаниями сурьмы от 0,01 % и 0,1 % (рис. 6).

Площадь контуров с меньшим бортовым содержанием составляет  $4570 \text{ м}^2$ , с большим —  $1114 \text{ м}^2$ . Для снижения «раздутости» объемов жилы не были отстроены каркасами, поскольку расстояние между

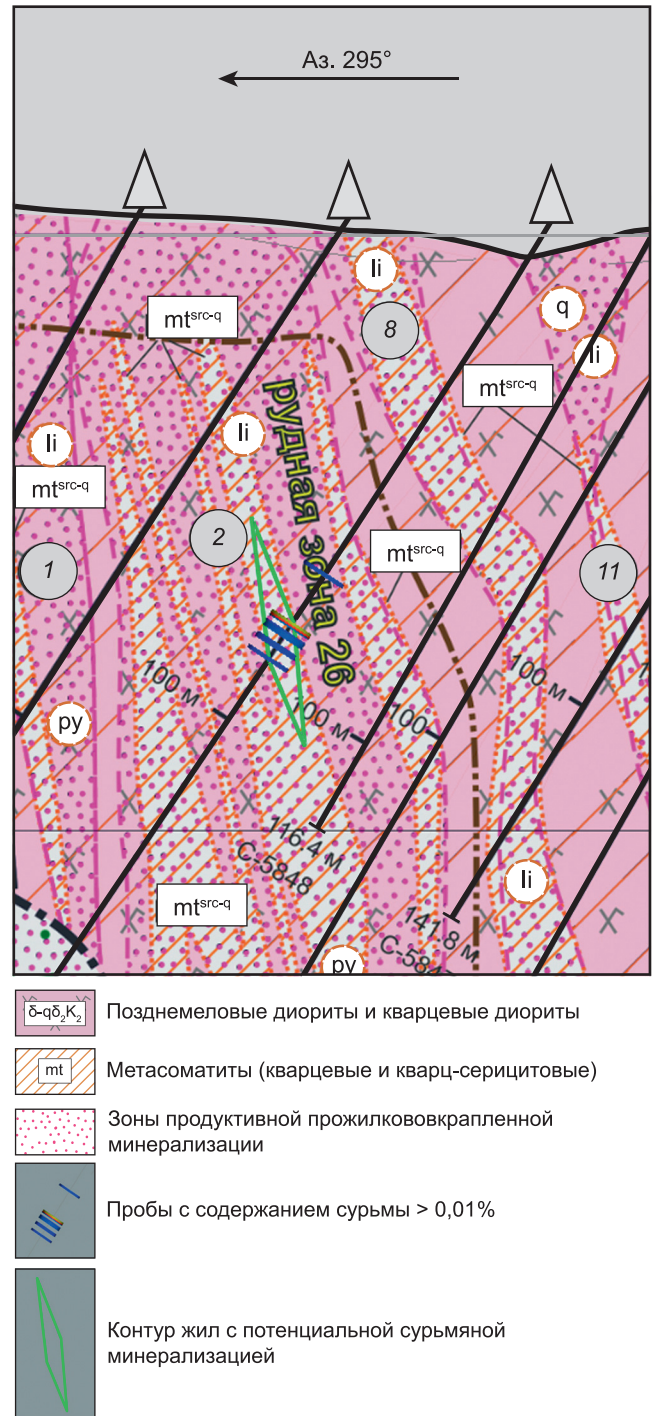


Рис. 6. Схематический разрез по буровому профилю с оконтуриванием кварцевой жилы с повышенным содержанием сурьмы. Числа курсивом в кружках — номера зон продуктивной минерализации золота

буровыми профилями составляет 40 м, поэтому значение по мощности было взято из отчетов предшественников, составляющее 30 см. Плотность горной массы принята за  $2,65 \text{ т/м}^3$ .

Исходя из всех вышеуказанных данных, прогнозные ресурсы антимонита при «бортовых содержаниях» сурьмы 0,01 % и 0,1 % составляют 181,7 т и 44,3 т, соответственно.

Важно отметить, что проведенный анализ ICP-AES по ряду элементов, включая сурьму, сделан

Выборка результатов ICP-AES из образцов с содержанием сурьмы от 0,01 % по скважине 5814, отсортированная по убыванию содержания сурьмы\*

Образец	Al	As	Ca	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Sb	Sr	Y	Zn
5814-130	0,18	1820	0,13	50	49,4	0,11	0,03	103	>10000	35,8	0,8	9,5
5814-129	0,52	1070	0,28	27	25,2	0,25	0,14	278	2600	47,8	4	37,5
5814-131	0,45	943	1,72	34	63	0,33	0,07	407	532	45,9	5,2	50,2
5814-135	0,5	1220	0,3	13	40,5	0,28	0,12	457	372	77,5	4,6	47,2
5814-112	0,43	1020	0,31	24	20,3	0,29	0,11	286	193	39,3	4,6	44,5
5814-134	0,92	428	0,28	35	40,9	0,41	0,45	320	145	39,4	4,3	46,5
5814-138	0,48	806	0,61	11	37,4	0,32	0,1	524	135	36,3	4,9	49
5814-144	0,59	1810	0,5	28	24,3	0,31	0,2	374	133	46,8	4,3	42

Примечание. \* Данные скважины, соответствующей рис. 6.

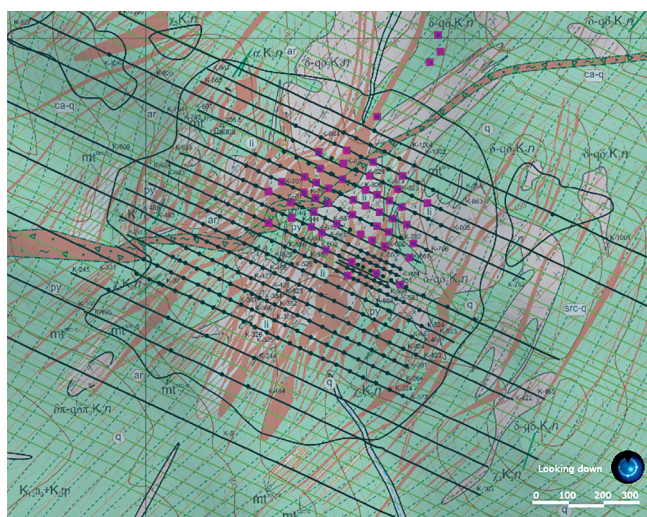


Рис. 7. Схематический план месторождения с указанием устьев скважин (фиолетовый цвет) по которым происходил отбор проб для многоэлементного ICP-AES

только для части проб, относящихся к северо-восточной части месторождения (рис. 7).

Исходя из этого, есть вероятность получения схожей ситуации и по юго-западной части месторождения, поэтому общее количество прогнозных ресурсов может достигать более 360 т антимонита. В пересчете на сурьму выходит около 250 т.

**Заключение.** На месторождении Дяппе выделяются 6 минеральных ассоциаций, отражающие стадии процесса минерализации. На первых стадиях отмечается формирование кварцевых жил совместно с золотом. Поздней стадией процесса рудообразования, идущей перед финальной кварцевой

безрудной стадией, является антимонит-кварцевая, где содержание сурьмы достигает 15 %.

Построенная 3D модель на основе данных разведочных работ позволяет говорить о пространственной разобщенности золотой и сурьмяной минерализации, указывая на отсутствие генетической связи между этими типами руд.

Сурьма, представленная антимонитом, находится в кварцевых жилах в виде отдельных гнезд, достигая в размерах до 30 см, где при таких параметрах необходимо проходить подземные горные выработки для непрерывного прослеживания рудных тел.

В исследовании был сделан акцент на крупнокусковом сурьмяном концентрате, для которого минимальное содержание сурьмы в товарной руде должно составлять не менее 0,1 % в связи с технологическими требованиями, однако возможно использовать руду и с меньшим содержанием, производя на выходе флотоконцентрат.

Проведенные буровые работы с сетью 40 × 40 м, ориентированные на золото, привели к невозможности корректного учета запасов сурьмы, поэтому подсчет запасов сурьмы на объекте не проведен. Предложенная методика, интегрирующая исторические и современные данные, демонстрирует возможность оценки локальной минерализации в кварцевых жилах с оценкой прогнозных ресурсов сурьмы в 250 т. Ключевой проблемой оценки сурьмы на месторождении Дяппе является несоответствие между проведенными разведочными работами и параметрами рудных тел.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова ЦИТИС АААА-А16-116033010110-1.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Екимов А.А. Отчет о результатах поисковых и оценочных работ на золоторудном месторождении Дяппе в 2000–2010 годах с подсчетом запасов и ресурсов на 01.01.2011 г. (1 этап), 255 стр., 7 илл., 10 текст. прил., 92 таблицы, 22 граф. прил. Лицензия ХАБ 02062БР.

Дорохова И. Сурьма на пробу. Положение дел на рынках сурьмы в России и в мире. [Электронный ресурс]. URL: <https://atomvestnik.ru/2024/06/28/surma-na-probu/> (дата обращения: 01.05.2025).

*Лаврик Н.А., Архипова Ю.А., Литвинова Н.М.* Геологические и экономические предпосылки добычи сурьмы на золоторудном месторождении «Дяппе» // Кулагинские чтения: техника и технология производственных процессов: материалы XX Международной научно-практической конференции: В 3 ч. / Забайкальский государственный университет. Чита: ЗабГУ, 2020. Ч. 2. С. 115–121.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Сурьмяные руды. М.: ФГУ ГКЗ, 2007. 34 с.

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 августа 2022 г. № 2473-р // СПС «Гарант».

*Пискунов Ю.Г.* Изучение вещественного состава пород и руд Удильского района и их использование при поисково-разведочных работах (Нижнее Приамурье): отчет. Владивосток, 1989. 100 с.

*Савва Н.Е.* Минералогия руд участка Дяппе: отчет. Магадан, 1989. 43 с.

*Суматов М.С.* Объяснительная записка к подсчету запасов на 1-е января 1940 года по золоторудному месторождению Дяппе. 1940. 51 с.

*Фомин Д.П.* Отчет о научно-исследовательской работе. Технологическая типизация руд месторождений Дяппенское и Албазинское. Иркутск: Иргиредмет, 1991. 34 с.

*Юшманов Ю.П.* Геолого-структурная позиция, структура и условия локализации золотого оруденения в Дяппе-Мартемьяновском рудном узле, Нижнее Приамурье // Отечественная геология. 2016. № 4. 7 с.

*Юшманов Ю.П.* Структурно-тектонические закономерности размещения золота в Пильда-Лимурийском районе Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 4. С. 99–109.

Статья поступила в редакцию 12.09.2025,  
одобрена после рецензирования 12.11.2025,  
принята к публикации 24.04.2026