

На правах рукописи

Чжао Хэн

**Закономерности локализации месторождений нефрита в западном Кунь-
Луне и прилегающих районах Таримской депрессии**

Специальность: 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ)

Научный руководитель:

Игнатов Петр Алексеевич, доктор
геолого-минералогических наук,
профессор кафедры геологии
месторождений полезных ископаемых
(МГРИ-РГГРУ)

Официальные оппоненты:

Мельников Евгений Павлович, доктор
геолого-минералогических наук,
профессор (НИТУ «МИСиС»)

Литвиненко Андрей Кимович, доктор
геолого-минералогических наук,
профессор кафедры геммологии МГРИ-
РГГРУ

Ведущая организация:

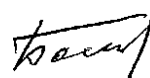
Минералогический музей имени
А.Е.Ферсмана РАН

Защита состоится «19» мая 2016 г. в «13» часов на заседании диссертационного совета Д 212.121.04 при ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ) по адресу: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, ауд. 4-73.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного геологоразведочного университета (МГРИ-РГГРУ).

Автореферат разослан «__» марта 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук



Бобков А.И.

Введение

Актуальность проблемы. Нефрит является высоколиквидным сырьем и особенно ценится в Китае и других странах. На северо-западе Китая в западной части Таримской депрессии и в прилегающих горах Центрального Кунь-Луня известны многочисленные коренные и россыпные месторождения нефрита. К началу XX в. они вместе с коренными месторождениями нефрита описаны по рекам Яркенд, Тизнаб, Дува, Кара-Каш, Юрун-Каш, Чира, Керия и др. Качество сырья из этого района и нефритовые изделия описаны в монографии китайских исследователей Ли Мина и Донг Хунцюаня, изданной на китайском языке в 2012 г. Эти авторы отмечают, что месторождения нефрита значительно истощены и многие из них выработаны.

В литературе мало работ, посвященных геологии россыпей нефрита рассматриваемого района. В этой связи типизация месторождений нефрита района Кунь-Луня, установление закономерностей их положения и оценка остаточных перспектив имеют важное научное и практическое значение. Решению этих вопросов посвящена предлагаемая работа.

Цель работы заключалась в установлении геологических закономерностей локализации коренных и россыпных залежей нефрита в горах Западного Кунь-Луня и прилегающих районах Таримской депрессии и соответствующей оценки перспектив поисков месторождений..

Согласно поставленной цели решались следующие задачи:

1. провести анализ геологического строения района западного Кунь-Луня и прилегающей Таримской депрессии с выделением особенностей, характерных для геолого-промышленных типов месторождений нефрита;
2. создать геоинформационный проект (ГИС-проект) по материалам региональных геологических и тектонических карт и космических снимков;
3. выделить минерагенические нефритоносные зоны с учетом положения известных проявлений нефрита;
3. провести геоморфологическое районирование региона на основе анализа географических карт и космических снимков в геоинформационной среде с учетом позиции известных россыпных проявлений нефрита;
4. оценить остаточные перспективы поисков коренных и россыпных залежей нефрита в районе.

Существо работы отражено в следующих **защищаемых положениях**:

1. Впервые в западном Кунь-Луне выделено шесть рудно-россыпных нефритоносных зон, связанных с палеозойскими и юрскими массивами ультраосновного состава и интрузиями гранитов, расположенных в протерозойской толще сланцево-карбонатных метаморфических пород и приуроченных к региональной надвиговой структуре.

2. В западном Кунь-Луне и прилегающих районах Таримской депрессии выделены курумные, моренные, пролювиальные, аллювиальные и наземно-дельтовые типы россыпей нефрита, имеющие разный поисковый потенциал

3. Определены близкие геологические условия локализации эндогенных и россыпных скоплений нефрита, жадеита, серпентин-офита, кальцита из мраморов, с чем связано значительное число имитаций в геммологическом сырье для изделий из нефрита.

Фактический материал. В основу диссертации положен фактический материал, собранный автором во время обучения а аспирантуре МГРИ-РГГРУ. Геологическую основу составили геологические и тектонические карты Китая [Geological map., 2002, Tectonic map.,2002,], тектоническая карта центральной Азии [Tectonic map.,2008], тектоническая карта Китая и Монголии [Tectonic map.,1973]. Для анализа рельефа использованы топографические карты масштаба 1:200 000 и различные карты из программных групп SASplanet и Google Earth. Используются космические снимки из сети интернет (Bing maps, Яндекс карты и др.). В работе также проанализированы опубликованные и фондовые материалы по теме диссертации.

Обработка данных и картографические построения проводились с использованием современных геоинформационных программных продуктов, таких как QGIS (Open Source Geographic Information System), а также CorelDRAW, Adobe Photoshop и другие программы Open Windows.

С применением дифрактометрии, рентген-радиометрического и других методов проанализирована коллекция геммологического сырья и изделий, названных нефритовыми, в количестве 22 образцов. Все они приобретены в различных городах Китая.

Научная новизна. Впервые получены следующие научные результаты:

- на основе геологических критериев прогнозирования выделены нефритоносные зоны, являющиеся крупными минерагеническими таксонами;
- выделены генетические типы россыпных месторождений нефрита, включая новый тип в аллювиально-пролювиальных отложениях наземных дельт;
- установлены сходные геологические условия эндогенных и экзогенных скоплений нефрита, жадеита, серпентина, кальцитового мрамора и кварца, что может быть причиной имитаций геммологического сырья, выдаваемого как основа для изделий из нефрита.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- в горах Западного Кунь-Луня выделены шесть минерагенических зон с коренными месторождениями нефрита, которые различаются разными остаточными ресурсами;
- в пределах районов Таримской депрессии, прилегающих к Западному Кунь-Луню, выделены площади перспективные для поисков древних погребенных россыпей нефрита в отложениях наземных дельт;
- предложен комплекс поисковых работ на нахождение древних россыпей нефрита, включающий анализ космических снимков, рельефа аэроэлектроразведку и бурение;
- установлено, что часть сырья и изделий, называемых нефритовыми, сложены серпентином, кальцитом и кварцем.

Апробация диссертации. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Международных научных конференциях «Новые идеи в науках о Земле» и «Молодые – наукам о Земле», прошедших в период с 2013 по 2015 гг. в Москве в МГРИ-РГГРУ

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 8 работах, в том числе в двух статьях из перечня реферируемых журналов ВАК и 6 тезисах докладов.

Структура и объем работы. Диссертация объемом ... страниц состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит ... рисунков, ... таблиц и список литературы, включающий ... наименований.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность профессорско-преподавательскому составу МГРИ-РГГРУ, всем, кто оказывал помощь, поддержку и содействие в проведении исследований, подготовке работы и, в первую очередь, своему руководителю профессору П.А. Игнатову.

Глава 1. Краткая геологическая характеристика

Большинство месторождений нефрита на северо-западе Китая сосредоточено в районе западного Кунь-Луня и прилегающей Таримской платформы (депрессии Такла-Макан) [Богданович, 1892, Киевленко, 1983, Колесник, 1965]. Нефритоносный район, выделенный К.И.Богдановичем в конце XIX века, имеет протяженность 600 км и ширину до 100 км. Его большая часть расположена в Синцзян-Уйгурском автономном районе Китайской Народной Республики.

Западный Кунь-Лунь представляет собой горно-складчатое обрамление Таримской платформы. В нем выделяются протерозойский, венд (синий)-палеозойский и триас-юрский структурно-формационные комплексы.

Протерозойский метаморфический комплекс представлен сланцами, кварцитами, мраморами, гнейсами, мигматитами и амфиболитами палеопротерозойских и мезопротерозойских формаций Чангченджан и Джиксианиан. Породы раннего докембрия слагают обширные массивы в центральном и северо-западном Кунь-Луэ и наиболее близко расположены к границе с Таримской плитой. Мезопротерозойские толщи менее распространены, однако массивы этого возраста также часто встречаются вблизи осадочного чехла. Следует подчеркнуть, что в составе протерозойских пород имеют место магнезиальные карбонатные породы - доломитовые мрамора и магнезиты [Geological map, 2002]. Что благоприятно для образования нефрита.

В синий-палеозойском разрезе рассматриваемого района преобладают морские мелкообломочные и карбонатные осадочные породы силурийского и каменноугольного возраста и пермские угленосные отложения. Они в основном слагают центральную часть Кунь-Луэ. В ее юго-восточной части широко распространены континентальные угленосные и вулканогенные породы верхнего триаса.

На северо-западе района и в его центральной части широко распространены гранитоиды различного возраста: граниты девона и триаса; гранодиориты мезопротерозоя, ордовика, карбона, перми, триаса, юры и мела; пермские граносиениты. Имеют место массивы ордовикских диоритов. Локально развиты массивы ультрабазитового и базит-удьтрабазитового состава. Они датированы венд-докембрийским, кембрийским и каменноугольным возрастами. На юго-востоке Кунь-Луэ распространены четвертичные базальты.

Полого залегающие толщи в регионе слагают осадочный чехол Таримской платформы. Они представлены палеогеновыми и неогеновыми

песчаниками, алевролитами и глинами, содержащими прослой бурых углей, мергелей, гипса и каменных солей. Широко распространены четвертичные тонкообломочные породы, включая лессы и лессовидные породы. В долинах рек - галечники и пески. В высоких горах на отметках выше 4500 м значительные площади занимают ледники, сопровождаемые долинными моренными отложениями.

Геотектоническая позиция района определяется юго-западным сочленением Таримской молодой платформы и каледонской складчатости и представляется сутурной областью. Рассматриваемый район занимает западный фланг складчатого пояса центрального Кунь-Луня и представляет собой узел пересечения крупных сдвигов и надвигов [Geological map., 2002, Tectonic map., 2008]. По современным представлениям в районе развиты субширотные и юго-западные зоны надвигов и крупные субмеридионально-северо-западные левые сбросо-сдвиги. Эти структуры свидетельствуют об обстановке регионального сжатия, что по мнению многих специалистов благоприятно для образования нефрита.

Рассмотренные структурно-формационные комплексы слагают линзовидные, тектонические пластины (аккреционные зоны континентальной земной коры), дугообразно вытянутые с юго-востока на северо-запад и ограниченные надвигами (сутурами). Надвиги имеют девон-каменноугольный, триасовый и палеоген-неогеновый возраста [Tectonic map, 2002]. Массивы ультрабазитов и гранитоидов рассматриваемого района тяготеют к пластине, сложенной протерозойскими метаморфическими породами и ограниченной надвигами палеозойского и триасового возраста [Geological map, 2002].

Глава 2. Нефритоносные зоны западного Кунь-Луня

Материал данной главы служит основанием для доказательства первого защищаемого положения диссертации: «В западном Кунь-Луэне выделено шесть рудно-россыпных нефритоносных зон, связанных с палеозойскими и юрскими массивами ультраосновного состава и интрузиями гранитов, расположенных в протерозойской толще сланцево-карбонатных метаморфических пород и приуроченных к региональной надвиговой структуре.».

В рассматриваемом районе распространены эндогенные (Люшей, Саньжутаг, Канакан, Карала и пр.) и экзогенные россыпные месторождения нефрита [Буканов, 2008]. Нефрит из них описан Ли Мином, Лу Хуа и другими специалистами в монографиях, изданных на китайском языке в 2010 и 2012 гг. [Ли Мин, Донг Хунцюань, 2012, Лу Хуа, Цянь Чжэньфэн, 2010]. Нефритовые залежи в данном районе во многом истощены, поскольку эксплуатируются многие сотни лет.

В целом среди эндогенных месторождений нефрита Е.Я.Киевленко выделяет два геолого-промышленных типа пневматолито-гидротермального происхождения – в альпинотипных гипербазитах и в доломитовых мраморах [Киевленко, 1983]. Метасоматическое происхождение нефрита обосновывает и Ю.Н. Колесник [1965]. Похожая классификация приводится в методических рекомендациях ГКЗ РФ, в которой выделяется два геолого-промышленных типа эндогенных месторождений нефрита, отнесенных к гидротермально-

метасоматическому классу [Методические..., 2007]. Первый тип связан с породами рудоконтролирующей дунит-перидотитовой формации, второй - гранитовой. Месторождения первого типа связаны с апосерпентинитовыми метасоматитами офиолитов. Нефриты второго типа месторождений локализованы в аподолмитовых тремолит-кальцитовых магнезиальных скарнах.

Нефритовые залежи первого типа слагают сложные линзовидные тела площадью до нескольких десятков квадратных километров и представлены жилами, линзами и плитообразными телами, образующими нефритоносные зоны протяженностью более 2 км при ширине до 100 м, редко 500-700 м [Методические..., 2007]. Апокарбонатные залежи обычно белого нефрита второго геолого-промышленного типа слагают зоны размером от 0,2x1,3 км до 0,4x2,0 км с залежами длиной от 5 до 50 м, мощностью от долей метра до 3 м.

Обобщая имеющиеся материалы по геологии месторождений нефрита [Замалетдинов, 1975, Колбанцев, Конников, 1986, Колесник, 1965, Критерии, 1976, Методические, 2007, Сутурни А.Н., Замалетдинов, 1976, Shere, 1972 и др.] целесообразно выделить главные критерии прогнозирования месторождений нефрита

Для месторождений первого апогипербазитового типа в альпинотипных гипербазитах они следующие:

- гипербазитовые массивы в зонах интенсивных тектонических дислокаций, включая будинированные тела серпентинитового меланжа;
- периферические части массивов гипербазитов, в которых распространены ксенолиты вмещающих пород, часто тектонически нарушенные;
- контакты гипербазитов с секущими дайками и штоками габброидов;
- контакты с более поздними гранитоидами;
- контакты гипербазитов с вмещающими породами, представленными эффузивами и туфами основного состава, граувакками и карбонатными породами;
- ореолы метасоматитов в виде родингитов, диопсидитов, тремолититов, эпидозитов, альбититов, антигоритовых серпентинитов.

Для контактово-метасоматических апоскарновых месторождений, связанных с гранитоидами, надо отметить следующие критерии:

- массивы гранитоидов, залегающие дисгармонично по отношению к складчатым структурам вмещающих протерозойских или нижнепалеозойских карбонатно-терригенных толщ;
- крутопадающие (тектонизированные?) контакты гранитоидов;
- ксенолиты доломитовых мраморов в приконтактных зонах;
- ореолы эпидотизации, серицитизации и карбонатизации;
- магнезиальные скарны, выраженные кварц-диопсидовыми, амфибол-диопсид-эпидотовыми, цоизит-диопсидовыми, тремолитовыми и офиокальцитовыми агрегатами.

Для оценки остаточных перспектив поисков коренных месторождений нефрита в рассматриваемом районе целесообразно выделить таксон нефритоносных зон, содержащих поля месторождений нефрита. Учитывая размер нефритоносного района, площади таких зон, согласно принципам

фрактальности природных, в том числе минерагенических образований [Горяинов, Иванюк, 2010, Рундквист, 1995], должны составлять десятки - первые сотни квадратных километров. Для обоснования положения таких зон использованы указанные критерии прогноза нефритовых месторождений.

В регионе описаны залежи нефрита, локализованные в доломитовых мраморах, месторождения Люшей (Люшитаг), которое считается типичным представителем первого геолого-промышленного типа эндогенных месторождений нефрита [Киевленко, 1983].

Присутствие в регионе массивов гранитоидов, размещенных в магнезиальных толщах протерозойского возраста, широко проявленный динамометаморфизм позволяют предположить распространение здесь нефритовых залежей и второго геолого-промышленного типа.

В основу выделения потенциальных нефритоносных зон в рассматриваемом районе положены три основные предпосылки, которые входят в геологические критерии прогноза месторождений нефрита, указанные выше:

- наличие сближенных массивов гипербазитов, габбро и гранитоидов;
- распространение протерозойских карбонатных толщ, в которых встречаются доломитовые мрамора и магнезиты;
- присутствие региональных надвиговых и локальных разломных (сдвиговых) структур.

Для выделения и характеристики нефритоносных зон рассматриваемого региона были отсканированы все доступные геологические и тектонические карты Китая и Юго-Восточной Азии масштаба 1:2,5 000 000 и 1:5 000 000. Наиболее подробной по геологическим материалам оказалась Тектоническая карта, 2002 г. [Tectonic..., 2002]. Эта карта была отцифрована. Она вместе с другими картами легла в основу создания геоинформационного (ГИС) проекта в среде Qantum GIS.

В дальнейшем параллельно с анализом в ГИС-среде использованы картографические материалы из сети Internet с использованием программы SASplanet. В ней наиболее информативными оказались топографические карты масштабов 1:500 000 и 1:200 000 и космические снимки Bing

На этом основании в рассматриваемом районе выделены шесть нефритоносных зон (рис. 1). В части из них известны коренные месторождения нефрита, в других их можно предполагать, поэтому надо считать потенциально нефритоносными.

Зоны имеют условные границы и сопоставимы по площадям. Они отстоят одна от другой на расстояниях в несколько десятков километров. Все зоны находятся в автохтонной линейной области крупных дугообразных надвигов, наиболее приближенных к Таримской депрессии. Во всех зонах гипербазиты и граниты контактируют с протерозойскими осадочно-метаморфическими породами.

В выделенных зонах расположены верховья крупных рек, уходящих в Таримскую депрессию: Яркенд, Тизнаб, Тазгун, Каракаш, Чира, Дува, Керия и ряда малых рек. Практически во всех крупных реках были известны россыпи нефрита [Богданович, 1892]. В этой связи выделенные зоны следует считать рудно-россыпными.

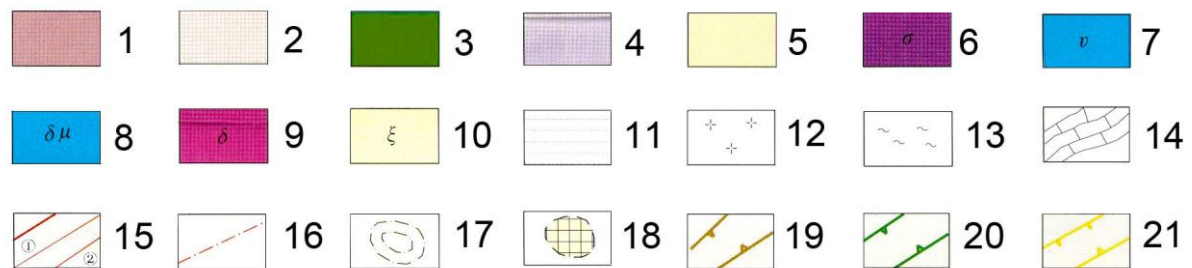
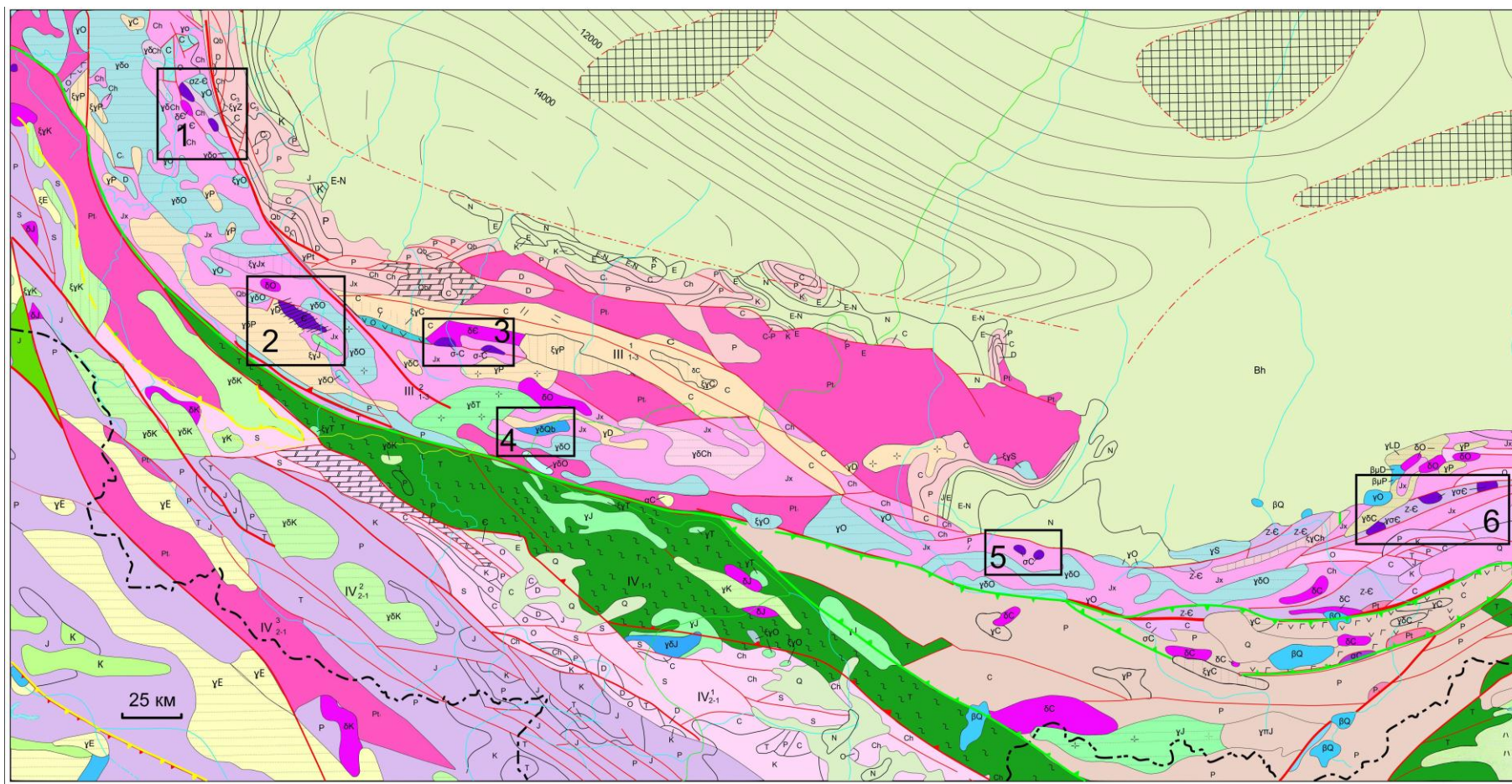


Рис. 1. Региональная позиция нефритоносных зон (прямоугольники с номерами) в нефритоносном районе Кунь Луня.. Фрагмент тектонической карты Юго-Восточной Азии масштаба 1:2 500000 [Tectonic., 2002] с упрощениями.

1 - палеопротерозойский кристаллический фундамент (Pt_1); 2 - палеозойские осадочные толщи, наложенные на палеопротерозойский кристаллический фундамент ($Ch, Jx, Qb, Z, \epsilon-O, S, D, C, P$); 3 - индосинийская аккретированная континентальная кора (T), постиндосинийские отложения (J, K); 4 - раннепалеозойская аккретированная континентальная кора ($Z-\epsilon$); 5 - континентальная кора гималайской эпохи аккреции ($E, E-N, N$); 6 - ультрабазиты, с косой штриховкой - офиолиты; 7 - комплексы основного-ультраосновного состава (v); 8 - диабазы, габбро-диабазы (δ); 9 - диориты (δ); 10 - анорогенные граниты (ξ); 11 - орогенные граниты ($\gamma, \gamma \delta, \gamma o$), посторогенные граниты ($\xi\gamma$); 12 - граниты не индефицированные (γ); 13 - флишевые формации; 14 - карбонатные формации; 15 - главные и прочие разломы; 16 - скрытые разломы; 17 - изопакиты постмеловых толщ; 18 - площади в мезозой-кайнозойском чехле, выделенные по высокомагнитным аномалиям; 19 - девон-каменноугольные сутуры; 20 - триасовые сутуры; 21 - палеоген-неогеновые сутуры; III - Тарим-Сино-Корейская плита: III₁₋₃ - Таримская древняя плита; IV - плита Кванджанг, IV₁₋₁ - триасовая Кексили-Дахонглиутан краевая зона; IV₂₋₁ - Таксорган-Аксегин древняя плита, Vh - четвертичный крупномасштабный бассейн, КУТ - сутурная зона плиты Кексистан-Ярлун-Зангбо-Ривер.

В качестве примера приведем характеристику четвертой нефритоносной зоны, расположенной в центре рассматриваемого региона. Эта зона включает верховья рек Каракаш и Юрун-Каш, которые ниже по течению в депрессии Такла-Макан соединяются, образуя р. Хотан (Хотэн). На севере зоны развиты верховья р. Дува. В долинах этих рек известны многочисленные россыпи нефрита [Богданович, 1892, Ли Мин и др., 2012, Лу Хуа и др., 2010].

В этой зоне имеется достаточно крупный массив габбро-диабазов ордовика, прорывающий на северо-востоке докембрийскую толщу метаморфических пород группы Джиксианиан (рис. 2). Этот позднепротерозойский массив непосредственно контактирует с девонскими гранитами.

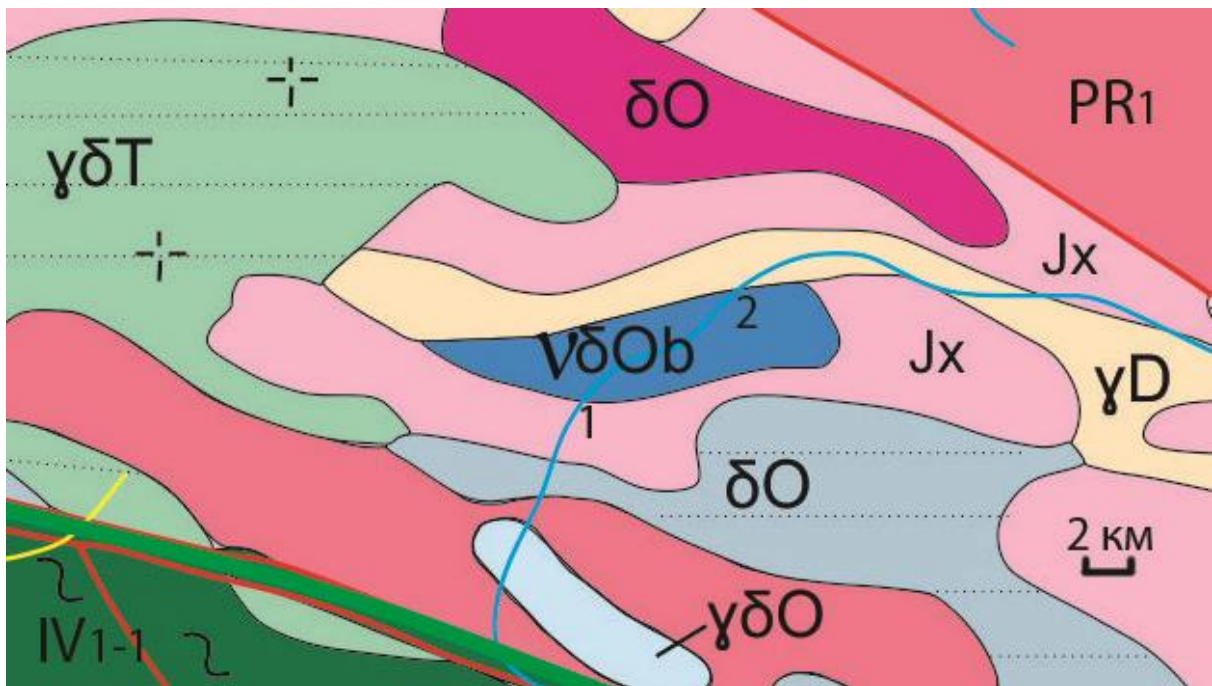


Рис. 2. Геологическая схема нефритоносной зоны № 4 по [Тестоніс., 2002]. 1 и 2 - места спутниковых снимков на рис. 3 и 4. Условные обозначения см. на рис. 1.

Здесь в высоких горах известно коренное месторождение Шахидула, в котором жилы и линзы нефрита локализованы в амфиболитах [Богданович, 1892]. Вокруг нефритовых тел отмечено оталькование [Киевленко, 1983]. Село Шахидула расположено в горах на высоте около 3510 м в долине р. Каракаш. В 13,4 км севернее от этого населенного пункта также на берегу р. Каракаш расположено с. Тограсу. В 3 км на юго-восток от которого в правобережье р. Каракаш по серии квадратных уступов в небольших понижениях можно предполагать следы древних горных выработок (рис. 3). Выработанный материал, наверное, сваливался в понижения рельефа. Вполне вероятно, что здесь были разработки нефрита конца XIX века.



Рис. 3. Предположительно древние карьеры, расположенные в 10 км на север-северо-восток от. с. Шахидула. Верховья р. Каракаш в потенциальной нефритоносной зоне № 4 на южной границе массива основных пород (зеленовато-серое) и докембрийской осадочно-метаморфической толщи (белесое), слагающих линейно-грядовой рельеф, т.1 на рис. 2.8. Спутниковый снимок Bing,

По северо-восточному флангу массива габбро-диоритов на контакте с гранитами в правобережье р. Каракаш, в 500 м южнее д. Пилетагаш контакт габброидов (темно-серо-зеленое) с гранитами (розоватое) осложнен двумя дайками северо-восточного простирания (рис. 4, 5).

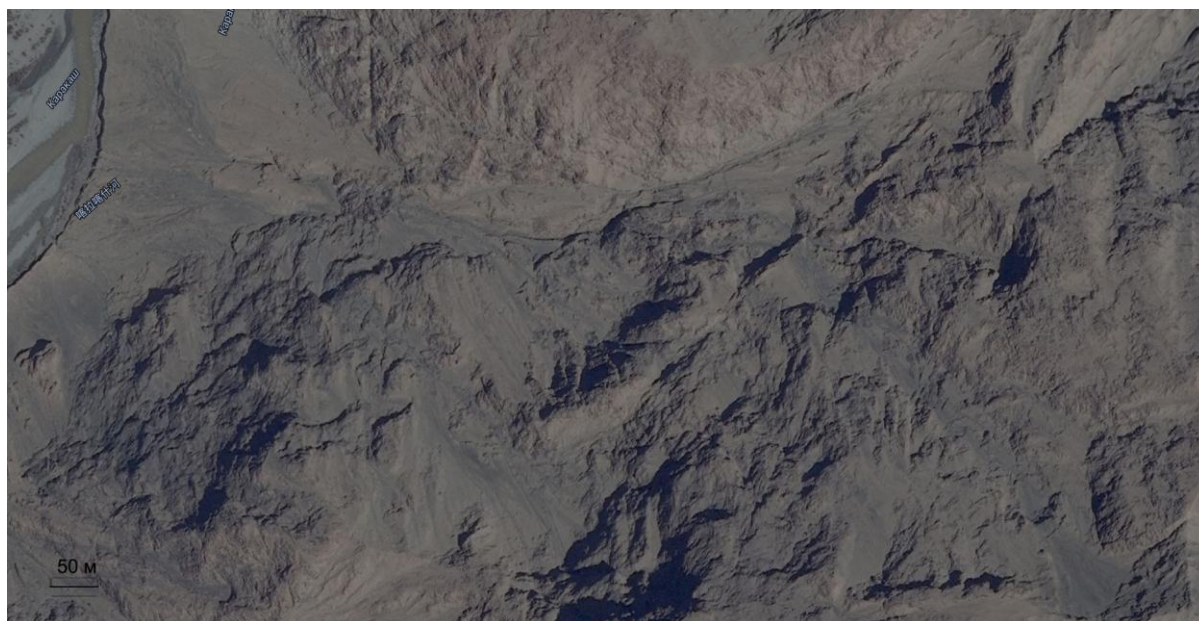


Рис. 4. Контакт девонских гранитов с протерозойскими габбро-диоритами, осложненный дайками, т. 2 на рис. 2. Участок с коренными залежами нефрита. Спутниковый снимок Bing.

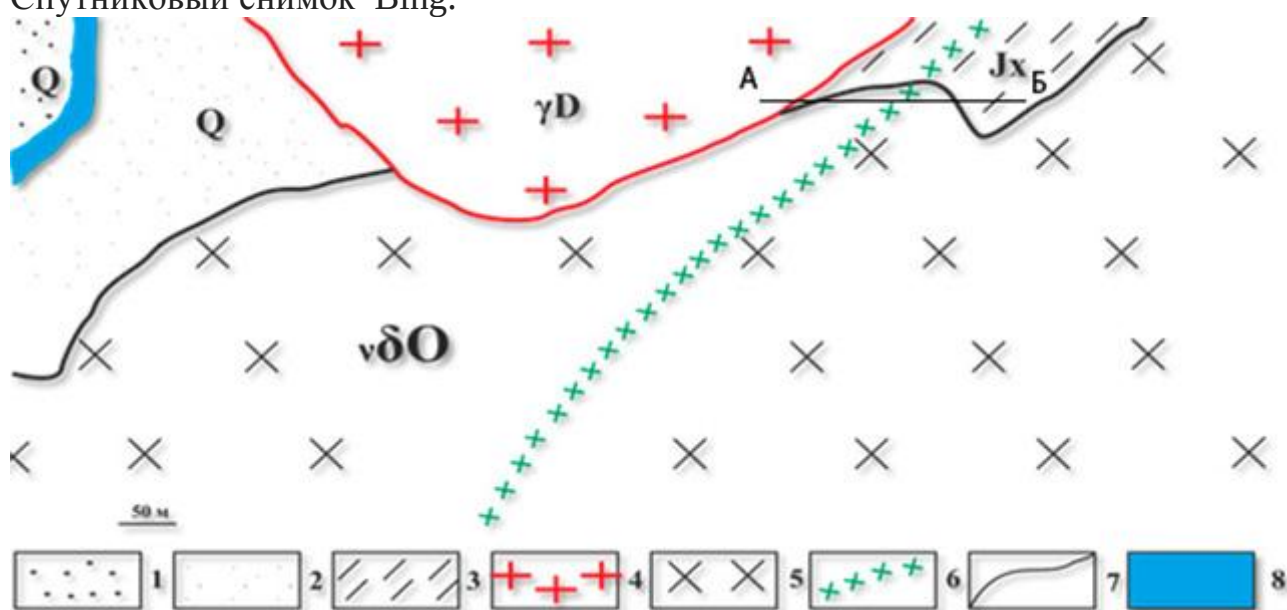


Рис. 5. Геологическая схема участка, спутникового снимка рис. 3.

1-2 - современные аллювиальные (1) и пролювиальные (2) отложения долины р. Каракаш, перекрывающие протерозойскую толщу; 3 - сланцевая толща протерозоя (Jx); 4 - девонские граниты (γD). 5 - габбро-диориты ($v\delta O$ или $v\delta Qb$ на рис. 2); 6 - дайка пегматитов; 7 - контакт девонских гранитов с протерозойской габбро-диоритовой толщей; 8 - река Каракаш. АБ - линия разреза.

Данный участок, очевидно, включает коренное месторождение нефрита,

типичный разрез которого представлен в монографии Ян Хан Чэня с соавторами (рис. 6).



Рис. 6. Характерный геологический разрез по линии АБ нефритовой залежи района Хотен [Ян Хан Чэнь и др., 2012].

1 – граниты; 2 – брекчия с нефритом; 3 – доломитовый мрамор; 4 – глинистый мрамор; 5 – габбро-диориты; 6 – мрамор; 7 – пегматиты; 8 – массивный нефрит.

Глава 3. Типы россыпей нефрита Кунь-Луня и прилегающей Таримской депрессии и оценка их остаточных ресурсов

Материалы данной главы служат обоснованием для доказательства второго защищаемого положения диссертации "В западном Кунь-Луэ и прилегающих районах Таримской депрессии выделены курумные, моренные, пролювиальные, аллювиальные и наземно-дельтовые типы россыпей нефрита, имеющие разный поисковый потенциал."

В краевой западной части Таримской депрессии и в прилегающих горах Кунь-Луэ известны многочисленные нефритовые россыпи. По данным К.И.Богдановича к началу двадцатого века они распространялись от коренных выходов нефрита по рекам Яркенд, Тизнаб, Дува, Кара-Каш, Чира, Керия, Кара-Муран и Татлыксу. Для образования россыпей нефрита в рассматриваемом районе имеют место ведущие предпосылки:

- присутствие коренных месторождений;
- оптимальный эрозионный срез, составляющий от 1,5 до 4,8 км;
- значительная протяженность крупных рек (от 150-180 км до 400-450 км) обуславливающая сепарацию обломков;
- гидродинамические ловушки накопления ценных минералов в виде резких перепадах продольного профиля долин;
- блоковые неотектонические движения;
- контрастные высотные климатические условия от ледников до пустынь и оазисов в них.

Ближе к эндогенным залежам нефрита располагаются его глыбы в виде

элювиально-делювиальных, включая курумные образования, которые некоторые исследователи считают наиболее важными источниками этого поделочного камня [Колесник, 1965]. Близкое положение к эндогенным залежам нефрита имеют и ледниковые глыбовые россыпи нефрита. Дальше должны располагаться валунно-галечные пролювиальные и еще далее - аллювиальные россыпи нефрита.

Для формирования галечных россыпей нефрита, формирующихся в водных речных потоках благоприятны резкие перепады высот в продольном профиле долин, определяющие высокие градиенты скоростей водных потоков. Это имеет место в регионе. Особенно контрастен перегиб в продольном профиле рек в местах их выхода с гор на равнину. Внутри Таримской депрессии такой региональный перегиб отчетливо выражен в 60-70 км от гор в виде продольного северо-западного уступа пенепленезированного равнинного рельефа с перепадом порядка 100 м.

В регионе Кунь-Луня проявлены контрастные блоковые движения с амплитудами сотни метров. Они обусловлены надвиговыми, сдвиговыми и в, меньшей мере, сбросовыми нарушениями. Реки имеют преобладающие прямолинейные долины. При этом поперечные к складчатости отрезки долин часто совпадают со сбросами, продольные – со взбросами и надвигами, а диагональные – со сдвигами. Что можно предположить по анализу геологических и тектонических карт.

Мелкоблоковые неотектонические движения предопределили и образование гидродинамических ловушек, в которых могли скапливаться большие объемы галечного материала, когда на пути его водной миграции чередовались блоки с относительными поднятиями и опусканиями.

По протяженности в районе выделяется две группы рек. В первой группе долины имеют длину более чем 400 км. Это три реки Яркенд с его большим правым притоком, рекой Тизнаб, Каракаш и Керия. Значительная их часть (примерно 150-180 км) проходит в высоких горах. В пустынную равнину Такла-Макан они уходят на сотни км (Керия) или полностью ее пересекают (Яркенд, Каракаш-Хотэн). В генеральном плане в высокогорье имеют место согласные со складчатостью субширотные или северо-западные простирания долин. Ближе к Таримской депрессии и внутри нее простирания долин резко почти под прямыми углами поворачиваются поперек к простиранию гор и становятся или северо-восточными или север-северо-восточными (рис. 7).

Вторая группа включает серию менее протяженных долин, длина которых не превышает 200-250 км. Они, также как и отмеченные большие реки, имеют большое количество притоков в горах, но выходя в пустынную равнину, в виде одного потока на протяжении десятков км и менее иссякают. Типичными представителями таких рек являются Тозгун, Чира и Дува. Долины этих рек относительно прямолинейные и простираются на северо-восток или на север поперек к простиранию складчато-надвиговых структур Кунь-Луня.

Можно предположить, что ресурсы аллювиальных россыпей нефрита в больших реках должны превышать ресурсы малых рек. Как большие, так и малые реки в своих верховьях, иногда в среднем течении эродировать массивы коренных пород, слагающие шесть выделенных ранее минерагенических нефритоносных зон.

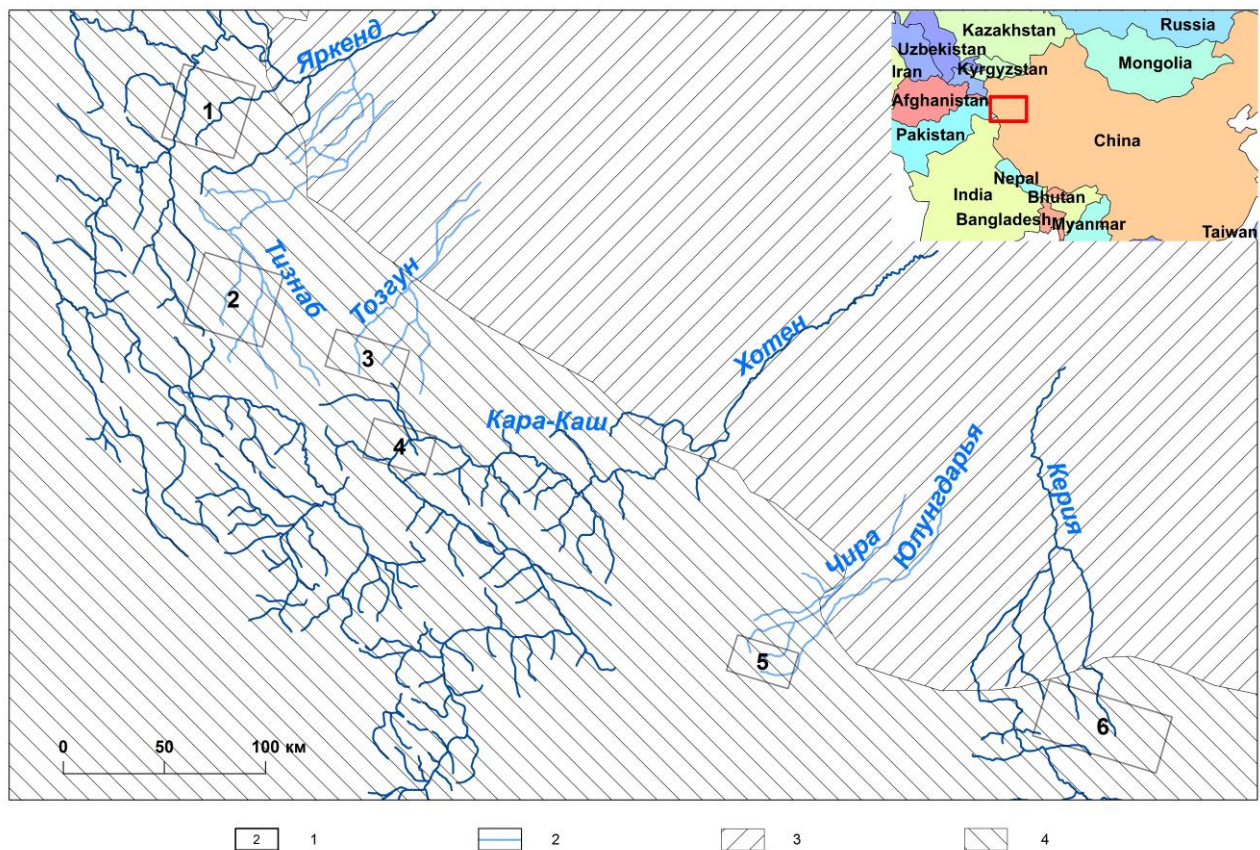


Рис. 7. Основные реки района и нефритонасные зоны.

1 – номера нефритонасных зон; 2 – основные реки; 3 – равнинный рельеф; 4 – горный рельеф.

Надо отметить присутствие в пустыне оазисов с гумидным микроклиматом. Очевидно, что такие площади связаны с присутствием очагов разгрузки пресных подземных вод, которые характерны для наземных дельт [Курдюков, 1957, Листенгартен, 1983, Попов и др., 1988, 1989, Игнатов, 2014]. Наиболее крупные оазисы приурочены к двум наземным дельтам, расположенным в долинах наиболее протяженных и полноводных рек Яркенд и Каракаш-Хотэн.

Наличие двух долин рек Яркенд и Хотэн, которые насквозь прорезают всю пустыню Такла-Макан, а также присутствие протяженной до центра пустыни р. Керия, указывают на существование в недалеком прошлом более влажных, скорее всего мягких саванных климатических условий. Известно, что современная глобальная аридизация сменила умеренно-гумидный климат примерно 6,5 тыс. лет назад [Трифонов, Караханян, 2008]. В этой связи надо предполагать существование ранее более полноводных рек, у которых был гораздо больший твердый сток и более интенсивные условия сепарации обломков. Косвенно это подтверждается наличием в древнеаллювиальных отложениях самых лучших сортов нефрита [Богданович, 1892].

Россыпи нефрита, жадеита и других камнесамоцветных минералов и пород, представляют собой россыпи глыбового, валунного и галечного грубообломочного материала. Глыбовыми являются делювиальные и ледниковые россыпи нефрита. Проллювиальные могут содержать небольшие глыбы, плохо окатанные валуны и гальку, аллювиальные – валуны и гальку

нефрита. Для речных долин в пустыне Такла-Макан вполне вероятны перекрытые аллювиальные, древние аллювиальные и наземно-дельтовые россыпи. Размеры и сортировка нефрита улучшается в этом ряду: глыбы нефрита, включая коренные залежи, - угловато-округлые гальки пролювия – галька современных рек – галька древнего аллювия.

В главе приведены примеры типичных ландшафтов, в которых могут быть различные россыпи нефрита. Так, участок с линейной широтной цепочкой глыб предположительно курумной россыпи нефрита отчетливо виден вблизи вероятных коренных выходов нефритоносных пород в зоне № 1 на юго-западных склонах хр. Тохтакорум в средней части долины р. Яркенд (рис. 8).



Рис. 8. Курум на западном контакте массива ультрабазитов (темно-серое) с протерозойскими осадочными породами группы Чангченжан (светло-серое). Нефритоносная зона № 1. Спутниковый снимок Bing.

Типичным местом, где возможна пролювиальная россыпь нефрита, является устье безымянного правого субширотного притока р. Яркенд, расположенное в 5,5 км на юг от места впадения его левого притока - р. Ташкурбан (рис. 9). На этом участке распространены моренные отложения, перекрывающие нижнекаменноугольные глинисто-карбонатные толщи. Возможность образования россыпи обусловлена, тем, что этот приток дренирует минерагеническую нефритоносную зону № 1. А его устье расположено примерно в 5 км от ее центра.



Рис. 9. Участок устья правого субширотного притока р. Яркенд. в 5,5 км на юг от места впадения р. Ташкурган в р. Яркенд. Спутниковый снимок Bing.

Аллювиальные галечники, включающие скопления нефрита, как и другие россыпные месторождения, могут накапливаться в участках резкого расширения долин, где сильно выполаживается продольный профиль долины, и в местах слияния горных рек, где развивается максимальная турбулентность потока [Шило, 2000, Корчуганова, Сурков, 2010, Билибин, 1938, 1963].

Гальки особо ценного белого нефрита встречаются, как отмечено в монографии Ли Мина и др. [Ли Мин и др., 2012], в россыпях, где есть шлиховое золото. Совместная добыча в конце XIX века золота и нефрита отмечена К.И. Богдановичем у с. Кумат, расположенном в месте выхода р. Юрункаш из гор на равнину Такла-Макан. На современном космоснимке видны следы таких выработок (рис. 10).



Рис. 10. Следы мелких горных выработок на участке аллювиальной россыпи нефрита и, вероятно, золота в месте резкого изгиба долины в предгорьях (отм. около 2000 м) долины р. Юрункаш у с. Кумат. Спутниковый снимок Bing.

В значительных объемах галечники должны осаждаться в краевых частях депрессий, где формируются крупные конуса выноса там, где горные реки выходят на равнину. Такие конуса выноса распространяются и внутрь пустынных равнин, где получили название наземных или сухих дельт [Елисеев, 1978]. Залежи галечников в таких образованиях накапливаются в их верхних частях. Они представляют собой особый тип аллювиально-пролювиальных россыпей нефрита.

Доказательством существования наземных дельт в регионе являются крупные конуса выноса радиусом от 5-6 до 25 км, расположенные внутри пустыни Такла-Макан. С ними связаны оазисы, где проживает большое количество людей - города Яркенд (Шача), Каргалык (Яченг), Хотэн, Керия (Ютиан) и др. В районах этих городов распространены ландшафты каменистой пустыни и техногенные ландшафты, которые получились за счет многих сотен

лет разработки приповерхностных залежей нефритоносных галечников

Примером, площади, где должны располагаться потенциальные аллювиально-пролювиальные (наземно-дельтовые) россыпи нефрита является конус выноса, локализованный на р. Тозгун (рис. 11). Река Тозгун дренирует потенциальную нефритоносную зону № 3.



Рис. 11. Участок потенциальной погребенной наземно-дельтовой россыпи нефрита по р. Тозгун на юго-восточной окраине с. Инышбаши). Космический снимок Bing.

Другим примером вероятной позиции нефритовой россыпи в наземной дельте является участок на р. Керия у с. Нурлянгар (рис. 12).

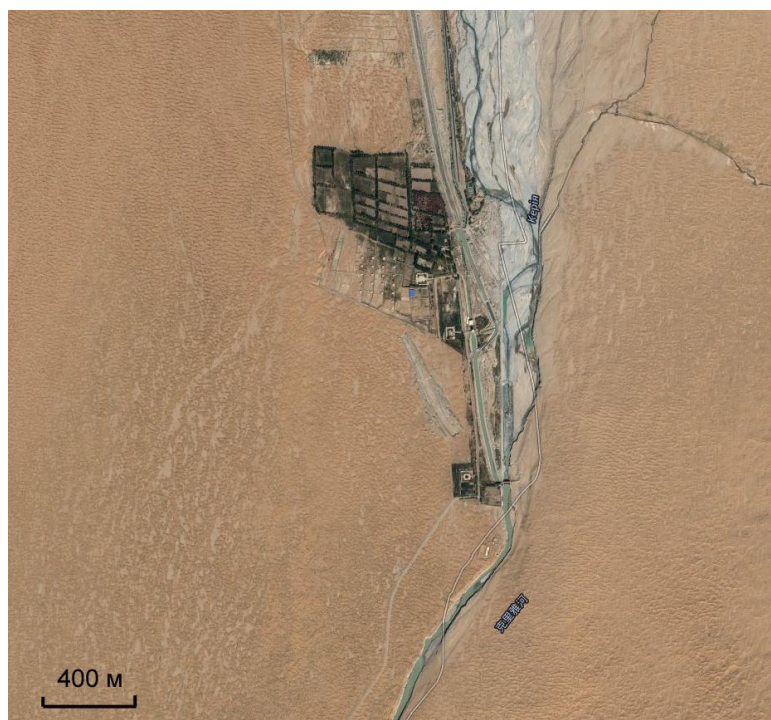


Рис. 12. Вероятное положение древней погребенной под неоген-четвертичными

отложениями наземно-дельтовой россыпи нефрита по р. Керия у с. Нурлянгар (Nurlyangar), Космический снимок Bing.

Этот конус выноса расположен на реке, верховья которой достигают нефритоносную зону № 6 с месторождением Люшей. Участок расположен в 15 км от предгорий и, скорее всего, галечные залежи здесь захоронены под чехлом песчано-алевритовых отложений.

Делювиальные россыпи нефрита находятся в трудно доступных высоких горах и в связи с этим имеют остаточный поисковый потенциал. Относительно более доступны ледниковые моренные россыпи нефрита, ресурсы которых также в основном выработаны, поскольку моренные отложения заполняют тропы в горах, которые имеют выходы в долины рек. Также как наиболее доступные должны быть по большей части освоены месторождения пролювиальных и аллювиальных россыпей нефрита. Наибольшими остаточными перспективами в рассматриваемом районе обладают наземно-дельтовые россыпи нефрита. Это обусловлено перекрытием продуктивных галечников относительно мощными в 5-7 м и более торфами, что делало невозможным ручной способ их добычи. В последующем, когда можно было применять для освоения таких месторождений горные машины и механизмы участки таких россыпей уже были заняты населением для сельского хозяйства и строительства жилья. Да и конечный промышленный продукт не имеет такой высокой цены, как например, золото, для того, чтобы применять дорогую технику. По этим причинам именно такие россыпи могут еще сохраниться. Помимо этого, нефрит из таких россыпей должен иметь лучшие декоративные качества.

Поисковыми предпосылками и признаками погребенных валунно-галечных и галечных залежей, содержащих нефрит являются: небольшая глубина залегания залежей (до первых десятков метров); россыпей должны быть обогащены относительно тяжелыми серпентинизированными габбро, перидотитами и дунитами и перекрыты заметно менее плотными песками и алевритами; залежи галек и валунов с нефритом, могут иметь повышенную магнитную восприимчивость, поскольку в них концентрируются ультрабазиты, как правило, содержащие магнетит; как пески, так и торфа сложены рыхлыми пористыми образованиями; продуктивные слои галечников могут отличаться высокой обводненностью; валунно-галечные и галечные тела, слагают в плане дельтовидные формы, от которых могут ответвляться рукава; в разрезе вниз по простиранию палеорусел галечниковые залежи достаточно резко должны расщепляться и замещаться песками; галечные залежи должны контролироваться поперечными крутопадающими межблоковыми тектоническими нарушениями конседиментационного типа; тела наземных дельт, включающие галечники, должны иметь выражение в современном рельефе; в некоторых потенциально нефритоносных отложениях может быть попутное россыпное золото.

Глава 4. О фальсификации изделий из нефрита Китая

В материалах данной главы раскрывается существо третьего защищаемого положения "Определены близкие геологические условия локализации эндогенных и россыпных скоплений нефрита, жадеита, серпентин-офита, кальцита из мраморов, с чем связано значительное число имитаций в геммологическом сырье для изделий из нефрита."

Нефритом считается плотная вязкая актинолитовая или тремолитовая мономинеральная порода с микрозернистой и спутанно-волокнистой структурой различного от белого до черного с характерным зеленым цвета, в которой могут быть примеси хромита, диопсида, серпентина, кальцита, офикальцита и других минералов [Буканов, 2008, Киевленко, 1983, Колбанцев, Конников, 1986, Методические..., 2007]. Нефритовое сырье и изделия из него востребовано на рынке, особенно в Китае и других азиатских странах.

Если не иметь точной диагностики минерального состава, то под это определение попадают породы сходного состава и структуры, особенно имеющие зеленый цвет. Ими могут быть агрегаты жадеита, серпентина-офита, кальцита, кварца, яшм и другие. Из них также, как и из нефрита, можно делать украшения, которые реализовать на рынке. Если амулеты не нефритовые, а выполнены из серпентина, кальцита, кварца или других минералов, то цена их должна быть существенно ниже.

Для проверки степени фальсификации изделий из нефрита проведен минералогический анализ коллекции, включавших 23 образца и изделий, названных нефритовыми. Все они приобретены в Китае. Среди них были полупрозрачные разновидности белого, темного и светлого зеленого цветов, а также черные непрозрачные образцы.

По макроскопическим признакам (блеск, вес, твердость, прозрачность, излом, теплота в руках, следы обработки) строго диагностировать нефрит в образцах сложно. Еще более неоднозначно определить нефрит в изделиях. По принятым в геммологии методам определения физических параметров при использовании рефрактометра, полярископа, Челси фильтра, анализатора флуоресценции и др. во многих случаях можно уверенно диагностировать минеральный состав изделий. Однако, наиболее точные данные дают прецизионные методы дифрактометрии.

Анализы выполнены в лаборатории физических методов определения руд и минералов МГРИ-РГГРУ (зав. лаб. к. т. н. М.Ю.Гурвич) на приборе ДРОН-2 с рентгеновской трубкой БСВ-29 и Си-анодом. Скорость вращения детектора прибора 2 град./мин., при напряжении 30 кВ и силе тока 30 мА. Для фильтрации β -излучения применяли Ni-фильтр. Расчет производился по программе РФА на ЭВМ.

В результате рентгеноструктурного анализа образцов было выявлено, что только 10 из них представлены нефритом разного цвета (рис. 13).



№ 1a



№ 5



№ 2



№ 7

Рис. 13. Фото примеров образцов и изделий из нефрита. Натуральная величина.

В прозрачных шлифах, выполненных из зеленых нефритов, наблюдается типичная спутано-волокнуистая структура игольчатых агрегатов актинолита-тремолита (рис. 14).

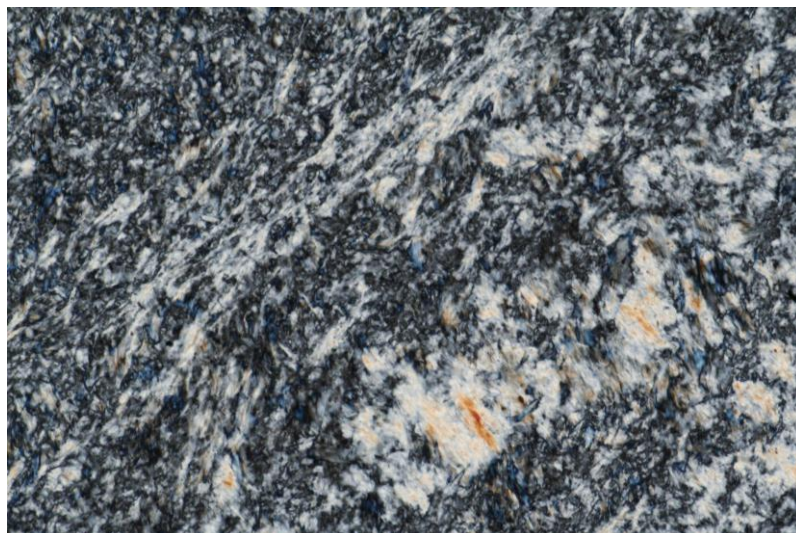


Рис. 14. Спутанно-волокнуистая, вихревая с элементами директивной структура темно-зеленого нефритового актинолит-тремолитового агрегата. Фото шлифа образца № 2 зеленого цвета. Увеличение $90\times$. Николи скрещены.

Цветовая гамма образцов, по-видимому, обусловлена разным количеством

тремолита и актинолита. В последнем больше примеси закисного железа, по сравнению с тремолитом. По данным рентгено-структурного анализа в образце № 4 зеленовато-белого нефрита, действительно, кроме актинолита, определен тремолит. Образец белого нефрита № 1 а оказался сложен лишь тремолитом (рис. 15).

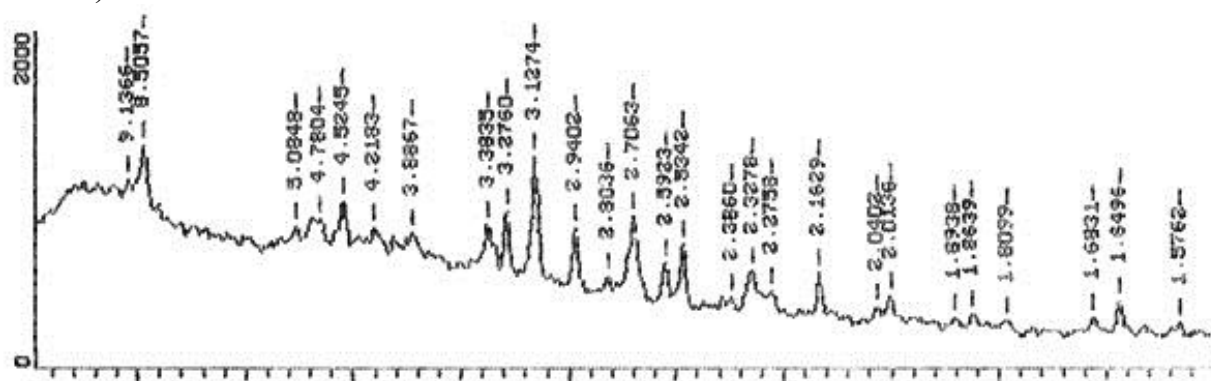


Рис. 15. Дифрактограмма образца № 1а нефрита.

В черном нефрите № 7 в шлифе установлена равномерная примесь 1-3% тонкозернистого пирита. В других случаях такой цвет нефрита связывали с примесью графита [Колесник, 1983].

Четыре фигурки и пять образцов зеленого и черного цветов (рис. 16) по данным рентгенофазового анализа оказались выполнены из серпентина.



№ 11



№ 9



№ 14



№ 8

Рис. 16. Примеры образцов и изделий, названных нефритовыми, сложенных серпентином. Натуральная величина.

Помимо разницы в твердости, агрегат, сложенный серпентином, принципиально отличается и по оптическим параметрам и структуре (рис. 17).

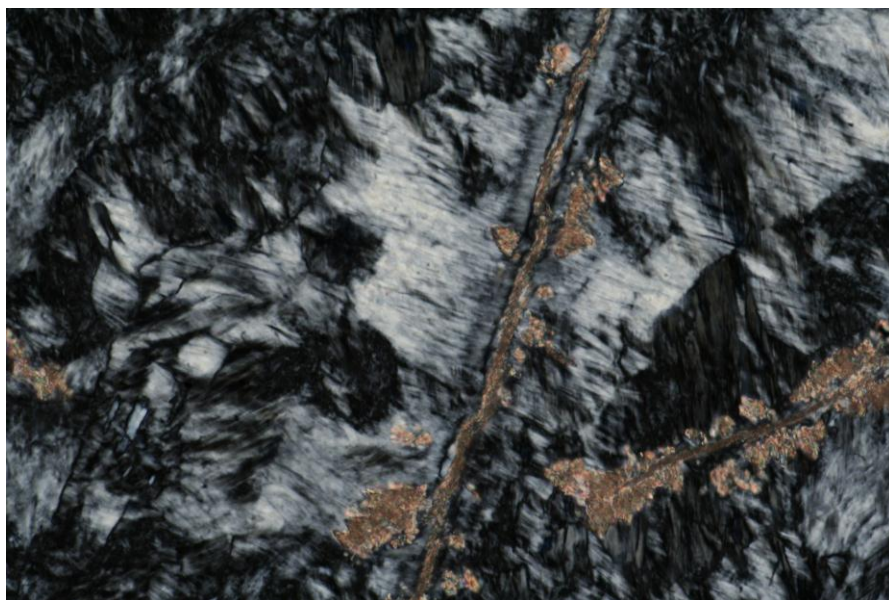


Рис. 17. Шестоватые агрегаты крупнозернистого серпентина с поздним прожилково-метазернистым кальцитом. Фото шлифа образца № 14. Николи скрещены. Увеличение $90^{\times}$.

Два изделия черного цвета, приобретенные как нефритовые, оказались выполнены из кварца, одно в виде белого куринного яйца - из кальцитового мрамора.

Установленные фальсификации могут быть не осознанными. Дело в том, что в минеральном сырье, которое поставляется камнерезам, изначально могут быть серпентин-офит, офикальцит и кальцитовый мрамор, с которыми нефрит слагает тесные минеральные ассоциации [Колесник, 1963]. Возможно, сюда может попасть и кварц, образованный в эпискарновых метасоматитах. То есть эти похожие на нефрит поделочные камни могут быть отобраны из мест, непосредственно контактирующих с коренными залежами нефрита. Такие факты описаны на ряде месторождений нефрита и жадеита.

Наиболее часто, по-видимому, существуют не осознанные подделки под нефрит, выполненные из серпентина-офита. Дело в том, что эндогенные месторождения нефрита первого геолого-промышленного типа локализованы в зонах разломов, осложняющих массивы серпентинитов. В таких зонах вполне может быть вместе с нефритом и серпентин-офит. Присутствие офикальцитов является поисковым признаком второго геолого-промышленного типа месторождений нефрита в апоскарновых метасоматитах [Колбанцев, Конников, 1986]. Примером может служить Оспинское месторождение в Восточном Саяне (рис. 18).

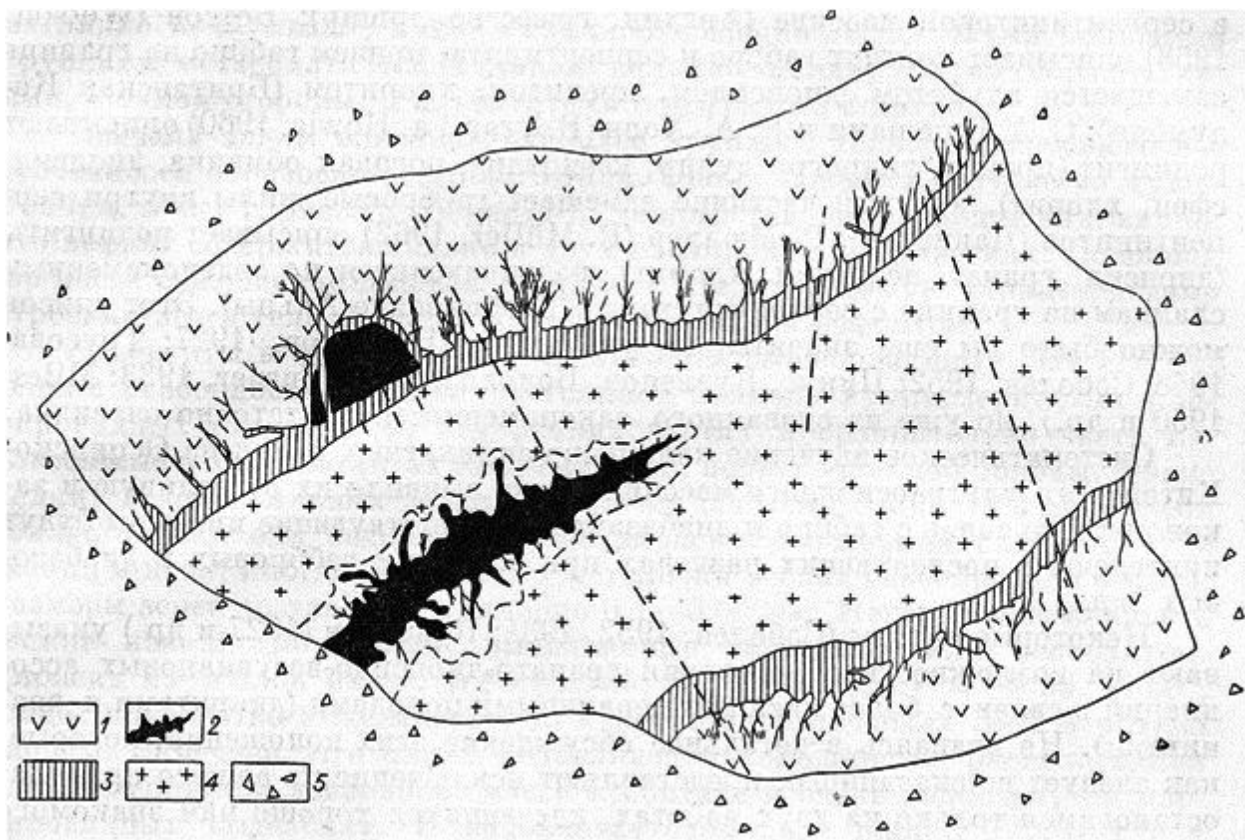


Рис. 18. Геологическая схема Оспинского месторождения нефрита [Колесник, 1963].

Весьма близкие геологические условия характеризуют нефритовые залежи и месторождения жадеита, локализованных в зонах биметасоматоза на контакте гранитоидов и гипербазитов. В такой обстановке, например, локализованы жадеиты крупных месторождений Бирмы [Киевленко, 1983].

Вполне вероятны в нефритовых россыпях валуны и галька серпентинита, мрамора и кварца и, возможно жадеита. у которого с нефритом имеются близкие физическими свойства.

Заключение

В представленной работе изложены данные решения важной задачи в установлении геологических закономерностей локализации коренных и россыпных месторождений нефрита на северо-западе Китая, распространенных в горах западного Кунь-Луня и прилегающих районах Таримской платформы.

В рамках ее решения выполнен анализ геологического строения района, в результате которого выделены особенности, характерные для положения геолого-промышленных типов месторождений нефрита. На основе созданного геоинформационного проекта по материалам региональных геологических и тектонических карт, топоосновы и космических снимков проведено районирование района и выделено шесть минерагенических нефритоносных зон. Оценены их остаточные перспективы на поиски нефритовых залежей.

На основе изучения рельефа, речной сети и космических снимков

показана позиция известных россыпных проявлений нефрита. Выделены генетические типы россыпей нефрита, включающие курумные, моренные, пролювиальные, аллювиальные и наземно-дельтовые. Обоснован их разный поисковый потенциал. Главным резервом надо считать древние и погребенные наземно-дельтовые россыпи нефрита.

Проведенный рентгенофазовый анализ представительной коллекции образцов и изделий, приобретенных в Китае в качестве нефритовых, показал, что нефрит присутствует в 40-50% случаев. Остальное представлено главным образом серпентином, в меньшей мере кварцем и кальцитом. Такая имитация обусловлена сонахождением названных минералов и, возможно, жадеита, в совместном залегании с коренными телами нефрита и его галькой в россыпях.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

1. Игнатов П.А., **Чжао Хэн** Потенциальные нефритоносные зоны Восточного Кунь-Луны. // Известия вузов. Геология и разведка. № 6. 2014. С. 32-36.

2. Игнатов П.А., **Чжао Хэн** Типы россыпей нефрита Кунь-Луны и прилегающей Таримской депрессии Китая. // Известия вузов. Геология и разведка. № . 2015. С. 26-34.

3. **Чжао Хэн** Геохимические особенности и минеральный состав некоторых китайских изделий из нефрита и его заменителей. XI международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодые - наукам о Земле". М. МГРИ-РГГРУ 2012. С. 72.

4. **Чжао Хэн** Типы месторождений нефрита Северо-Запада Китая. Доклады XI международной конференции "Новые идеи в науках о Земле" М. МГРИ-РГГРУ. 2013. С. 370-372.

5. **Чжао Хэн** Опыт диагностики изделий из нефрита Китая. XII международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодые - наукам о Земле". М. МГРИ-РГГРУ. 2014. С. 64-66.

6. Игнатов П.А., **Чжао Хэн** Критерии прогнозирования коренных месторождений нефрита в районе центрального Кунь-Луны, Китай. Доклады XII международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». М. МГРИ-РГГРУ. 2015. Т. 1. С. 309-310.

7. Цветков Ю.Г., **Чжао Хэн**. "Джейды" (нефрит и жадеит) в системе китайских ценностей в прошлом и настоящем. Доклады XII международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». М. МГРИ-РГГРУ. 2015. Т. 1. С. 311-312.

8. Ignatov P.A., **Zhao Heng** Criteria of prognosis primary jade deposits in central Kun-Lun area, China. XII International conference "New ideas in Earth sciences" Moscow. RSPGU. 2015. P. 99-100.