

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ»**

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук,

профессор П.А. Игнатов

Москва – 2016

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Краткий очерк геологического строения района.....	7
Глава 2. Нефритоносные зоны западного Кунь-Луня.....	11
2.1. Критерии прогнозирования месторождений нефрита	11
2.2. Типы месторождений нефрита восточных отрогов Кунь-Луня	15
2.3. Нефритоносные зоны района восточных отрогов Кунь-Луня.....	20
Глава 3. Типы россыпей нефрита Кунь-Луня и прилегающей Таримской депрессии и оценка их остаточных ресурсов.....	35
3.1 Предпосылки образования россыпей нефрита	35
3.2. Типы нефритовых россыпей.....	43
3.3. Вопросы теории образования россыпей нефрита	63
3.4. Поисковый потенциал выделенных типов россыпей нефрита ...	68
3.5. О методах поисков и возможного освоения погребенных россыпей нефрита	69
Глава 4. О фальсификации изделий из нефрита Китая.....	73
4.1. О возможных фальсификациях нефрита.....	73
4.2 Анализ минерального состава изделий из нефрита и его фальсификаций.....	74
4.3. Геологические условия локализации жадеита, серпентина-офита, кальцитовых мраморов, ассоциирующих с нефритом	92
Заключение	96
Литература	97

Введение

Актуальность проблемы. Нефрит является высоколиквидным сырьем и особенно ценится в Китае и других странах. В Интернет-сети было сообщение на начало 2015 г, что один килограмм обычного нефритового сырья стоил порядка 500 долл. США, а особо ценной его белой разновидности достигал 3000 долл. США.

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 на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых. Геологическую основу составили геологические и тектонические карты Китая [Geologicalmap., 2002, Tectonicmap.,2002,], тектоническая карта центральной Азии [Tectonicmap.,2008], тектоническая карта Китая и Монголии [Tectonicmap.,1973]. Для анализа рельефа использованы топографические карты масштаба 1:200 000 и различные карты из программных групп SASplanet и GoogleEarth. Использованы космические снимки из сети интернет (Bingmaps, 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), EsriArcGIS, а также CorelDRAW, AdobePhotoshop и другие программы OpenWindows.

С применением дифрактометрии, рентген-радиометрического и других методов проанализирована коллекция геммологического сырья и изделий, названных нефритовыми, в количестве 23 образцов. Все они приобретены в различных городах Китая.

Научная новизна. В результате проведенных исследований 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 следующих основных положениях:

- 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 наиболее часто изделия, называемые нефритовыми, выполнены из серпентина, кальцита и кварца.

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. Все материалы конференций опубликованы в качестве тезисов докладов.

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. Краткий очерк геологического строения района

Наибольшее количество месторождений нефрита на северо-западе Китая сосредоточено в районе западного Кунь-Луня и в прилегающих частях Таримской платформы - депрессии Такла-Макан [Богданович, 1982, Киевленко, 1983, Колесник, 1965]. Данный регион примыкает с северо-востока к Нуристан-Южнопамирской камнесамоцветной провинции [Литвиненко, 2012]. Рассматриваемый нефритоносный район выделен К.И.Богдановичем в конце XIX века [Богданович, 1892]. Он имеет протяженность 600 км и ширину до 100 км. Район занимает северо-восточные отроги хребта Кунь-Лунь и территорию прилегающей к нему впадины Такла-Макан. В административном отношении большая часть района расположена в Синцзян-Уйгурском автономном округе Китайской Народной Республики.

Разрез Таримской платформы (плиты, осадочного бассейна) двучленный - складчатый фундамент и полого залегающий осадочный чехол палеоген-четвертичного возраста [Geological., 2002]. Осадочный чехол, главным образом распространен в пустыне Такла Макан, но также выполняет межгорные впадины. Породы основания слагают горно-складчатое обрамление плиты, которое имеет сложное строение. В его разрезе можно выделить ряд структурно-формационных комплексов: протерозойский, венд (синий)-палеозойский и триас-юрский.

Протерозойский метаморфический комплекс представлен сланцами, кварцитами, мраморами, гнейсами, мигматитами, лейптитам и амфиболитами палеопротерозойских и мезопротерозойских формаций Чангченджан (Changchengian - Ch) и Джиксианиан (Jixianian - J_x). 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 [Geologicalmap, 2002].

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 осевую часть Кунь-Луня.

В приосевой юго-восточной части района широко распространены континентальные угленосные и вулканогенные породы верхнего триаса. Последние слагают краевую зону Кексили-Дахонглиутан [Tectonicmap, 2002].

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-ультрабазитового состава. Они датированы венд-докембрийским, кембрийским и каменноугольным возрастами. На юго-востоке Кунь-Луня распространены базальты четвертичного возраста.

Полого залегающие толщи в регионе слагают осадочный чехол обширной Таримской платформы. Они представлены палеогеновыми и неогеновыми песчаниками, алевролитами и глинами, содержащими прослойки 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. Район считается сутурной областью (рис. 1.1).

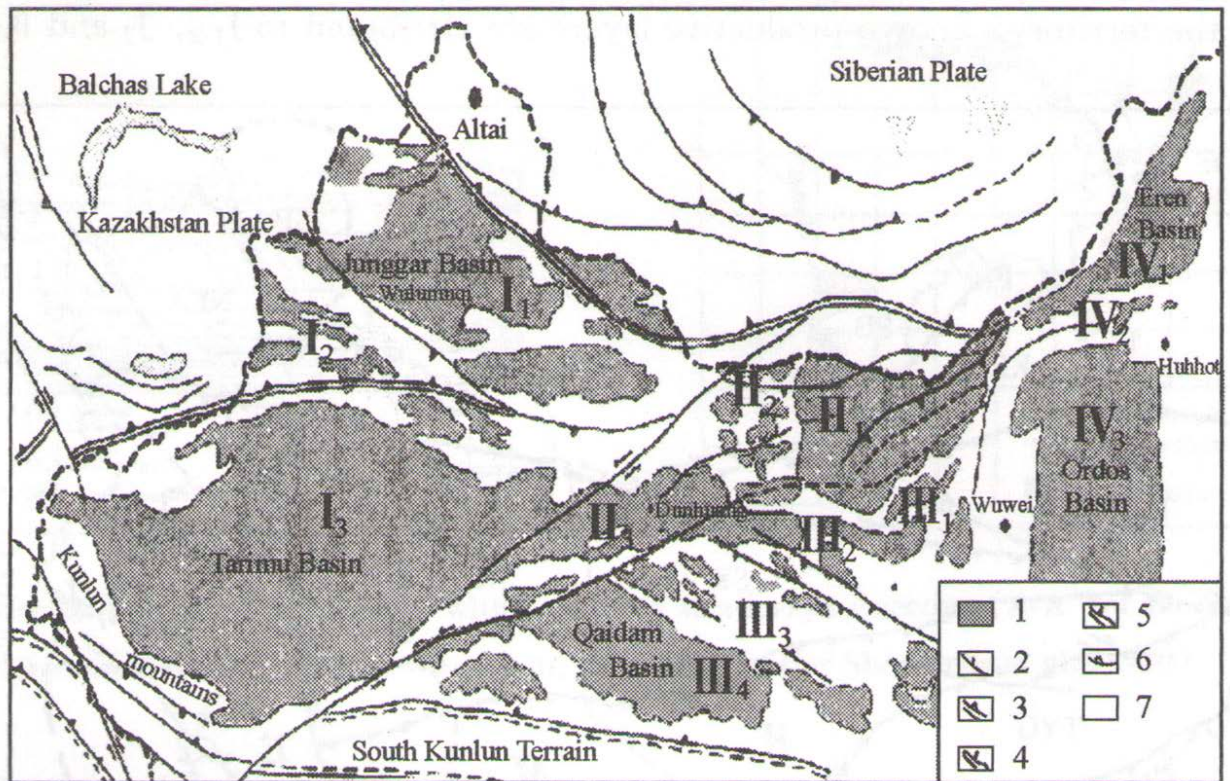


Рис. 1.1. Тектонические ограничения мезозойско-кайнозойских бассейнов северо-запада Китая (По HeDengfaetal., 1999, JiRangshouetal., 2000, RenJishunetal., 2000, [ZhouWeiunetal., 2002].

1- осадочные бассейны; 2 - каледонская сутурная зона; 3 - герцинская сутурная зона; 4 - Индо-Синийская сутурная зона; 5 - Яншанская сутурная зона; 6 - зона надвигов; 7 - бассейны и их номера.

Рассматриваемый район занимает западный фланг складчатого пояса центрального Кунь-Луня и представляет собой узел пересечения крупных сдвигов и надвигов [Geological., 2002, Tectonic., 2002, Tectonic..., 2008].

По современным представлениям в районе развиты субширотные и юго-западные зоны надвигов (сутурирования блоков континентальной земной коры) и крупные субмеридионально-северо-западные левые сбросо-сдвиги (Strike-slipfault) (рис. 1.2).

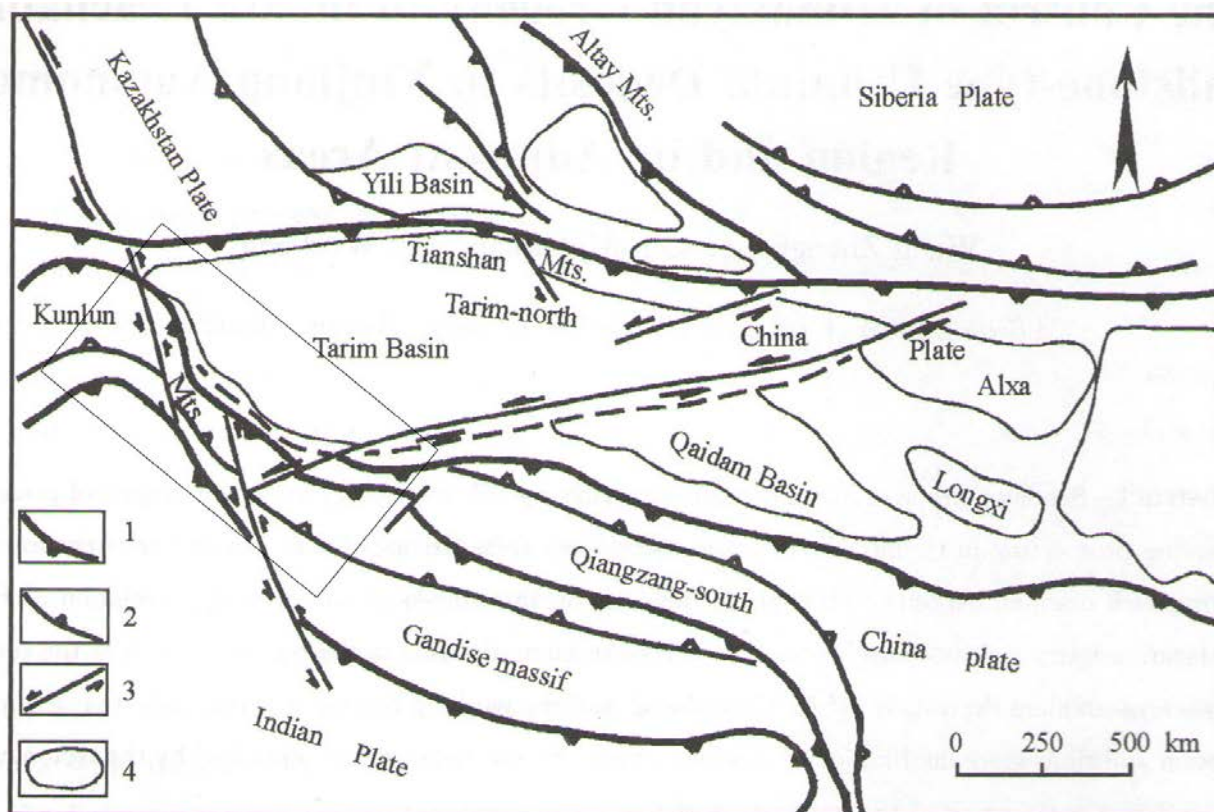


Рис. 1.2. Положение нефритоносного района Кунь-Луня на тектонической схеме северо-запада Китая [Wang, 2002].

1 - главные сутурные зоны; 2 - второстепенные зоны субдуцирования; 3 - сбросо-сдвиги; 4 - бассейны или блоки. Синим контуром показан нефритоносный район.

Эти структуры свидетельствуют об обстановке регионального сжатия, что по мнению многих специалистов благоприятно для образования нефрита [Киевленко, 1983, Колесник, 1965].

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 [Tectonicmap, 2002]. Массивы ультрабазитов и гранитоидов рассматриваемого района тяготеют к пластине, сложенной протерозойскими метаморфическими породами и ограниченной надвигами палеозоя и триаса [Geologicalmap, 2002].

Глава 2. Нефритоносные зоны западного Кунь-Луня

2. 1. Критерии прогнозирования месторождений нефрита

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 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 аподоломитовых тремолит-кальцитовых магнезиальных скарнах.

Нефритовые залежи первого типа слагают сложные линзовидные тела площадью до нескольких десятков квадратных километров. 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 0,2х1,3 до 0,4х2,0 км с залежами длиной от 5 до 50 м, мощностью от долей метра до 3 м.

В.И.Старостин в локализации нефритовых залежей считает важным активные контакты гранитов с серпентинизированными массивами ультраосновного состава [Старостин, 2014].

Р.В. Колбанцев. и А.З. Конников [1986] выделяют четыре формационных типа коренных месторождений нефрита (табл. 1):

1. апогипербазитовый в холодных контактах серпентинизированных

гипербазитов с телами основного и реже кислого состава и вмещающими карбонатно-терригенными породами, включая их ксенолиты;

2. апобазитовый во включениях основных пород в осадочно-вулканогенных, метаморфических и гранитоидных породах;

3. апокарбонатный контактово-метасоматический в зоне активных метасоматических контактов гранитов с доломитами;

4. апокальцифировый, связанный с метасоматитами по карбонатным породам гранулитовых кристаллосланцево-гнейсовых комплексов раннего архея.

Таблица 1

Характеристика формационных типов коренных месторождений нефрита [Колбанцев, Конников, 1986]

Геологическое и минералогические признаки	Месторождения в ворадах дунит-гарцбургитовой формации (апогипербазитовый тип)	Месторождения, приуроченные к включениям пород основного состава в метаморфических толщах и в гранитах (апобазитовый тип)	Месторождения в осадочных магнезиально-известковых карбонатных породах (апокарбонатный контактово-метасоматический тип)	Проявления в карбонатных породах архейских градулитовых комплексов, подвергшихся регрессивным метаморфическим и метасоматическим изменениям (апокальцифировый регрессивно-метаморфический тип)
Геологическое положение нефритовых метасоматических зон	Контакты даек и штоков габброидов, реже гранитов, секущих гипербазиты, контакты гипербазитов с вмещающими породами и их тектоническими включениями	Тела пород основного состава (пласты, дайки, ксенолиты) в гнейсах, кристаллических сланцах, гранитах	Зоны контактового и гидротермального воздействия гранитов на известняки и доломиты в гидротермально измененных гранитах	Толщи мраморов и кальцифиров, прослои и пачки в мраморно-кристалло-сланцево-гнейсовых комплексах ниже архея
Характерные метасоматиты, ассоциирующие с нефритами	Кварц-клиноцоизит-диопсидовые родиниты; диопсидовые и тремолитовые породы, эпидозиты, альбититы, антигоритовые серпентиниты	Амфиболитизированные породы с уралитизированным авгитом, породы с волластонитом, эпидотом, кальцитом	Магнезиальные скарны, диопсид-тремолитовые породы, диопсидиты, офикальциты	Тремолитовые и диопсид-тремолитовые включения в карбонатных породах, вторичные проявления тремолита по кальциту и диопсиду
Железистость нефрита, ат. %	5-13	До 23 (для белых разновидностей 0,4-4,3)	Менее 3	Первые единицы
Преобладающая окраска нефрита	Зеленая различных оттенков	Зеленая и серая до черной, реже желтоватые и коричневатые топа, иногда белая	Белая зеленовато-белая, голубоватая, зеленая	Зеленоватая, белая, серовато-белая, фишашково-зеленая
Примеры месторождений	Месторождения Восточного Саяна, Полярного Урала, бассейна р. Джиды (Хамар-Дабан), Западного Саяна, Калифорнии, Аляски, Новой Каледонии, Лигурии и др.	Месторождения Кунь-Луня (Китай) , штата Вайоминг (США), п-ова Эйр (Австралия)	Буромское месторождение (бассейн Среднего Витима), проявления Средней Азии, возможно, часть Куньлуньских и бразильских месторождений	Проявления Байкальской горной области, Восточного Саяна

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

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 гипербазитов 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.

2.2. Типы месторождений нефрита восточных отрогов Кунь-Луня

В месторождениях нефрита на северо-западе Китая известен особенно ценный белый и другие разновидности нефрита, которые описаны 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].. В этом районе распространены эндогенные (Люшей, Саньжутаг, Канакан, Карала и пр.) и экзогенные россыпные месторождения нефрита [Буканов, 2008]. Наибольшую известность имеет россыпное месторождение Хотэн [Ли Мин, Донг Хунцюань, 2012]. Нефритовые залежи в данном районе во многом истощены, поскольку эксплуатируются многие сотни лет.

К началу XXв здесь были известны площади с коренными выходами нефрита в среднем течении р. Яркенд, бассейне р. Тизнаб, в верховьях рек Кара-Каш (Шахидула-Каракаш), Чира (Карангутаг), Керия (Люшитаг), Кара-Муран (Токуз-Дабан) и Татлыксу (Астынтаг) [Богданович, 1892].

Для оценки остаточных перспектив поисков коренных месторождений нефрита в рассматриваемом районе целесообразно выделить таксон нефритоносных зон, содержащих поля месторождений нефрита. Учитывая размер нефритоносного района (600×100 км), 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 необходимо иметь представления о главных геологических предпосылках локализации геолого-промышленных типов коренных месторождений нефрита [Колбанцев, Конников, 1986] и использовать указанные выше критерии их прогноза [Игнатов, Хэн, 2014, 2015, Хэн, 2013].

В регионе описаны залежи месторождения Люшей (Люшитаг), локализованные в доломитовых мраморах [Киевленко, 1983]. Доломитовые мраморы докембрийского возраста преобразованы на контакте с гранитами, сиенитами, монцонитами, гнейсами и амфиболитами. Они встречаются в обширном выходе докембрийских образований, имеющем субширотное

простирается [Geological..., 2002]. Месторождение Люшей считается характерным первым представителем геолого-промышленного типа коренных месторождений нефрита [Киевленко, 1983].

Типичный геологический разрез нефритовых месторождений рассматриваемого района приведен на рис. 2.1).

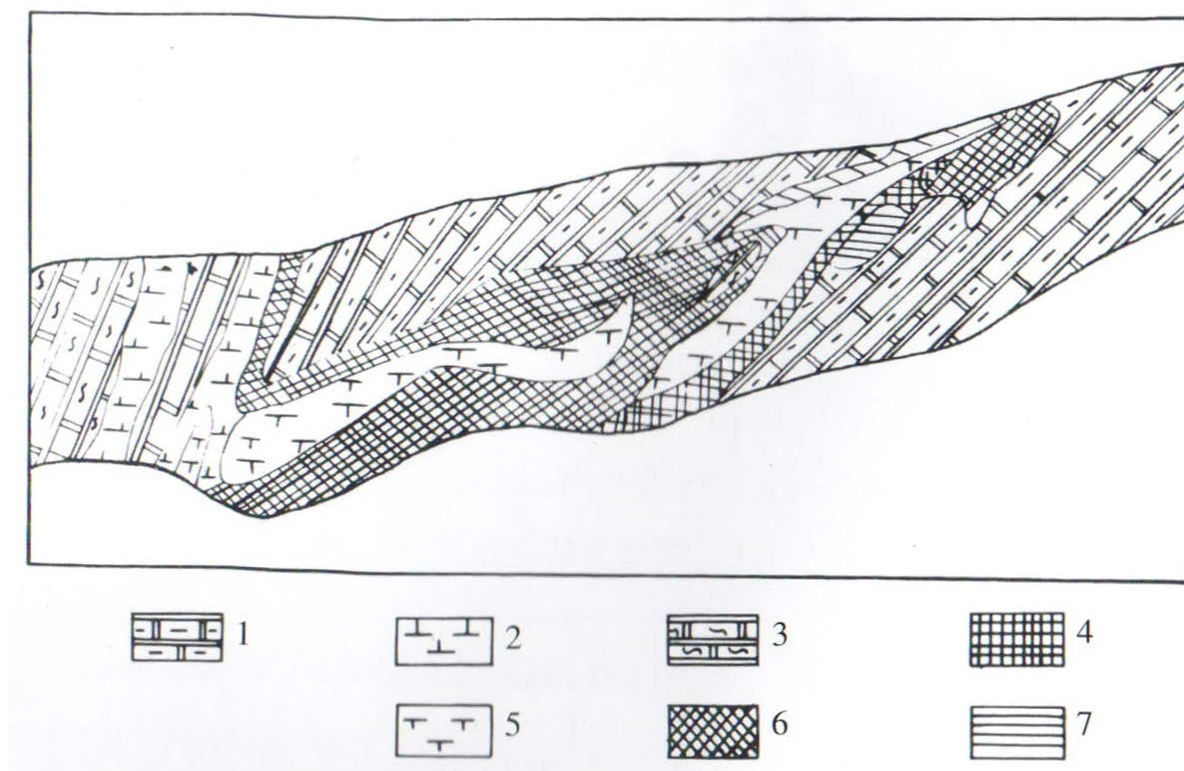


Рис. 2.1. Разрез типичного коренного месторождения нефрита региона Кунь-Лунь [Ян Хан Чэнь и др., 2012].

1 – мраморы; 2 - габбро; 3 - рассланцованные серпентиниты; 4 – зеленый зеленовато-белый нефрит; 5 – диабазы; 6 – типичный куньлуньский зеленый нефрит; 7 – белый нефрит.

Присутствие в регионе Кунь-Луны массивов гипербазитов и 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:

- наличие сближенных и контактирующих массивов гипербазитов, габбро и гранитоидов;

- распространение протерозойских карбонатных толщ, в которых вероятны доломитовые мрамора и магнезиты;
- присутствие региональных надвиговых и локальных разломных (сдвиговых) структур.

Эти предпосылки включают основные геологические критерии ведущих геолого-промышленных типов месторождений нефрита, указанные выше.

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 QantumGIS.

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 масштаба 1:500 000 и 1:200 000 и космические снимки Bing

На этом основании по данным региональной геологической и тектонической карт [Geological..., 2002, Tectonic..., 2002] внутри рассматриваемого района намечена серия основных минерагенических нефритоносных зон (рис. 2.2). В части из них известны коренные месторождения нефрита, в других их можно предполагать, поэтому надо считать потенциально нефритоносными [Игнатов, Хэн, 2014].

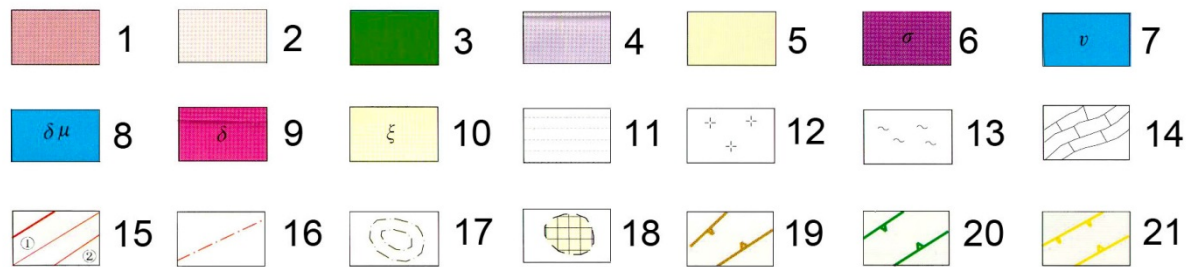
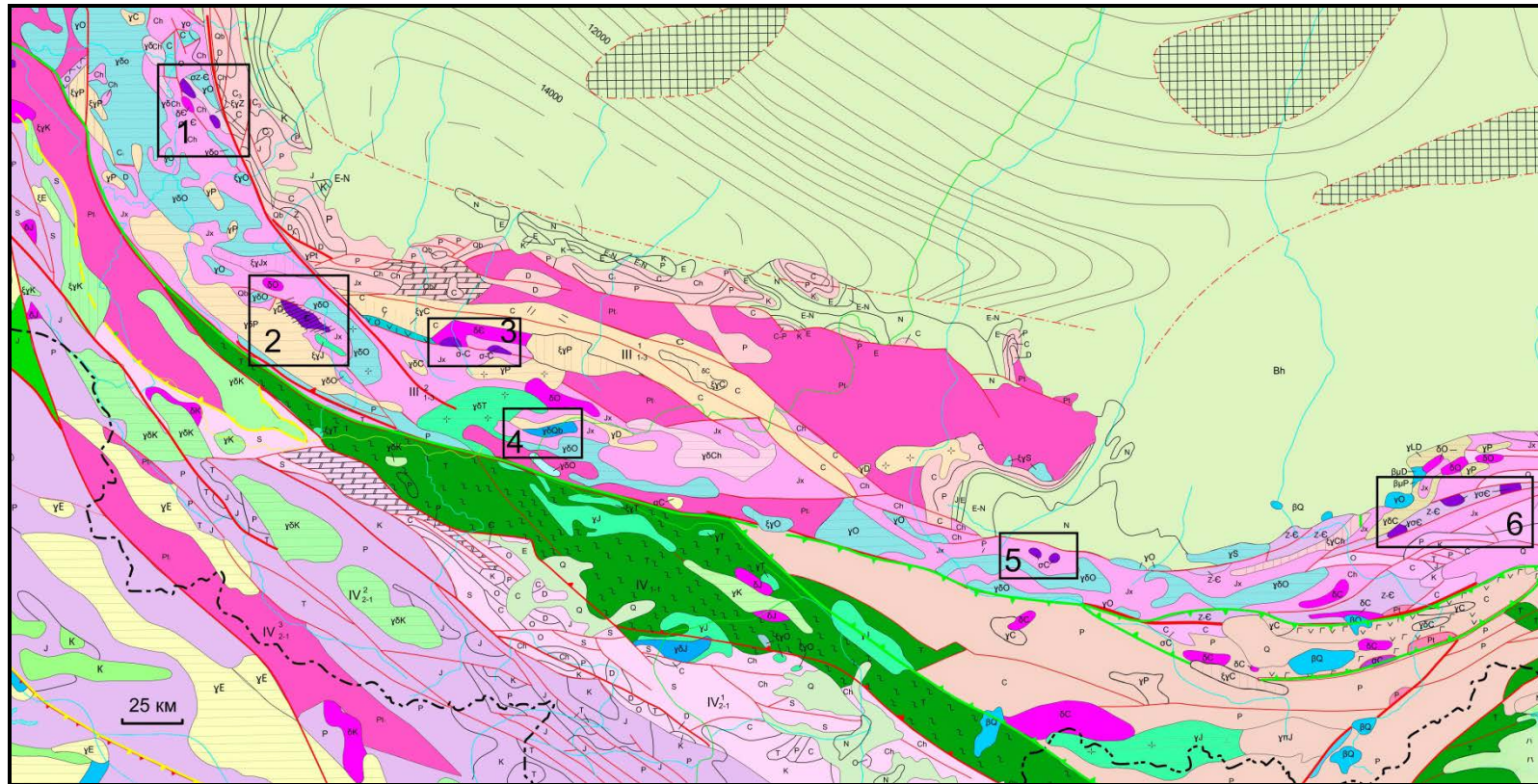


Рис. 2.2. Региональная позиция нефритоносных зон (прямоугольники с номерами) в нефритоносном районе Кунь Луня.. Фрагмент тектонической карты Юго-Восточной Азии масштаба 1:2 500000 [Tectonic., 2002] с упрощениями.

1 - палеопротерозойский кристаллический фундамент (Pt_1); 2 - палеозойские осадочные толщи, наложенные на палеопротерозойский кристаллический фундамент (Ch , Jx , Qb , Z , ϵ - O , S , D , C , P); 3 - индосинийская аккретированная континентальная кора (T), постиндосинийские отложения (J , K); 4 - раннепалеозойская аккретированная континентальная кора (Z - ϵ); 5 - континентальная кора гималайской эпохи аккреции (E , $E-N$, N); 6 - ультрабазиты, с косою штриховкой - офиолиты; 7 - комплексы основного-ультраосновного состава (v); 8 - диабазы, габбро-диабазы (δ); 9 - диориты (δ); 10 - анорогенные граниты (ξ); 11 - орогенные граниты (γ , $\gamma \delta$, γo), 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 Кексиди-Дахонглиутан краевая зона; IV₂₋₁ - Таксорган-Аксегин древняя плита, Vh - четвертичный крупномасштабный бассейн, КУТ - сутурная зона плиты Кексиди-Ярлун-Зангбо-Ривер.

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 имеются россыпи нефрита [Богданович, 1892]. В этой связи рассматриваемые зоны следует считать рудно-россыпными, которые имеют продолжение в площадях россыпей нефрита.

2.3. Нефритоносные зоны района восточных отрогов Кунь-Луня

Первая нефритоносная зона расположена на самом северо-западе района в среднем течении р. Яркенд. Здесь выявлены два линзовидных тела гипербазитов позднепротерозойско-кембрийского возраста длиной в несколько километров и расстоянием между ними порядка 9 км (рис. 2.3).

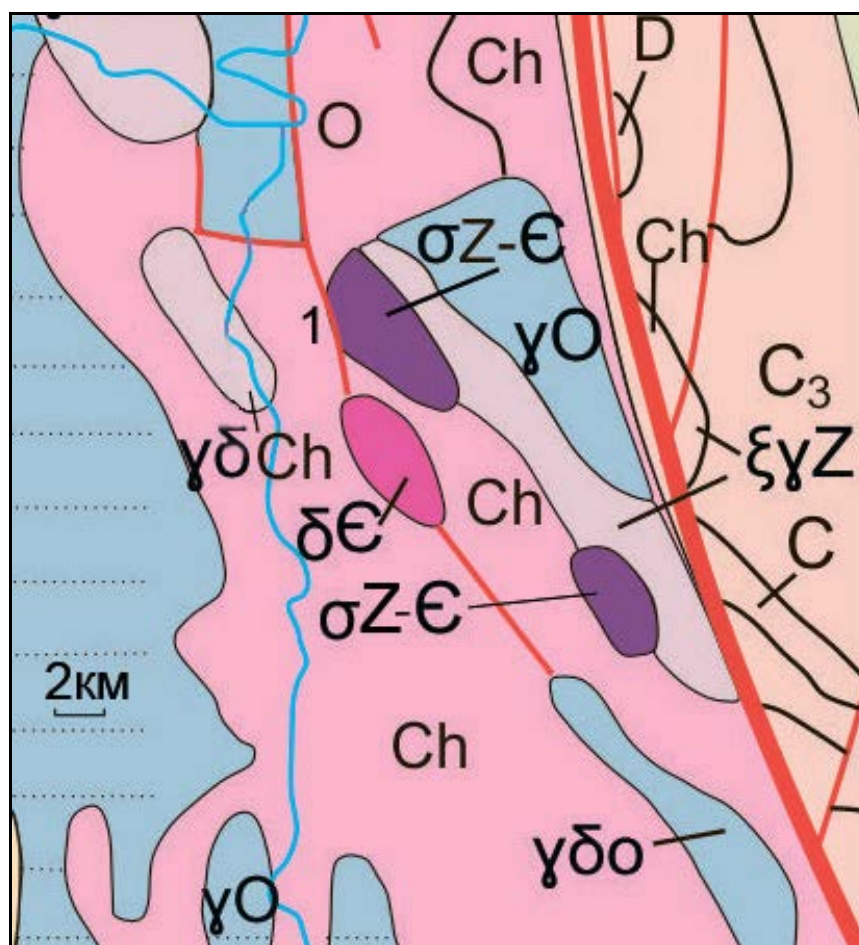


Рис. 2.3. Схема геологического строения нефритоносной зоны № 1 в среднем течении р. Яркенд по [Tectonic., 2002]. Условные обозначения см. на рис. 2.1. 1 - положение участка с детальным космическим снимком рис. 2.2.

Здесь же имеют место граниты и гранодиориты ордовика, граносиениты рифея. Все перечисленные интрузивные массивы контактируют с позднепротерозойскими метаморфогенно-осадочными породами группы Чангченжан (Changchengian), в которых вполне вероятны мраморизованные доломиты. На данной площади отмечены крупный надвиг и оперяющие ему тектонические нарушения север-северо-западного, северо-восточного и меньше субширотного простирания.

Отмеченные особенности позволяют предположить, что в зоне № 1 имеются практически все геологические обстановки, благоприятные для образования разных месторождений нефрита. В подтверждение этого приведем вероятную нефритоносную зону шириной до 100 м, которая дешифрируется на детальном космическом снимке голубовато-зеленым цветом в зоне разлома северо-западного простирания (рис. 2.4, см. рис. 2.3). Она локализована на тектоническом контакте массива ультрабазитов (темно-зеленое) и сланцево-карбонатной толщи (серо-белое). Участок расположен примерно в 8,5 км на юг от устья р. Ташкурбан в р. Яркенд (Роскомдарья) в верховьях правого притока р. Яркенд.

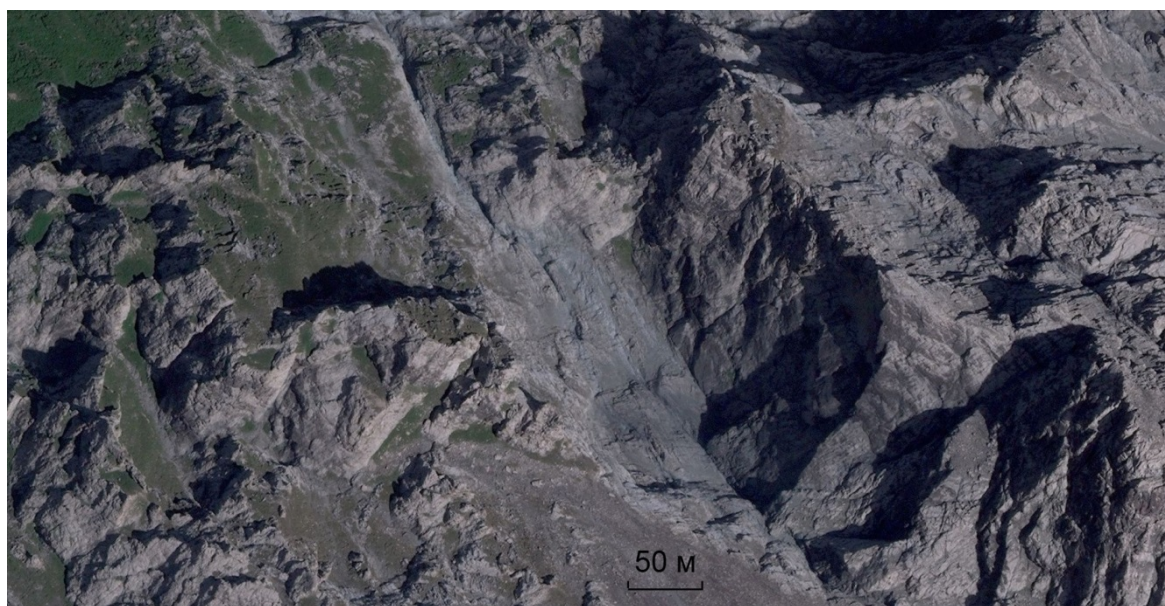


Рис. 2.4. Участок в зоне № 1 (точка 1 на рис. 2.2) с предполагаемой нефритовой зоной (голубовато-зеленое), расположенной в северо-западном разломе на контакте массива ультрабазитов (темно-серое) и сланцево-

карбонатных пород протерозоя (серо-белое). Спутниковый снимок BingWWWSASPLANET. Google.

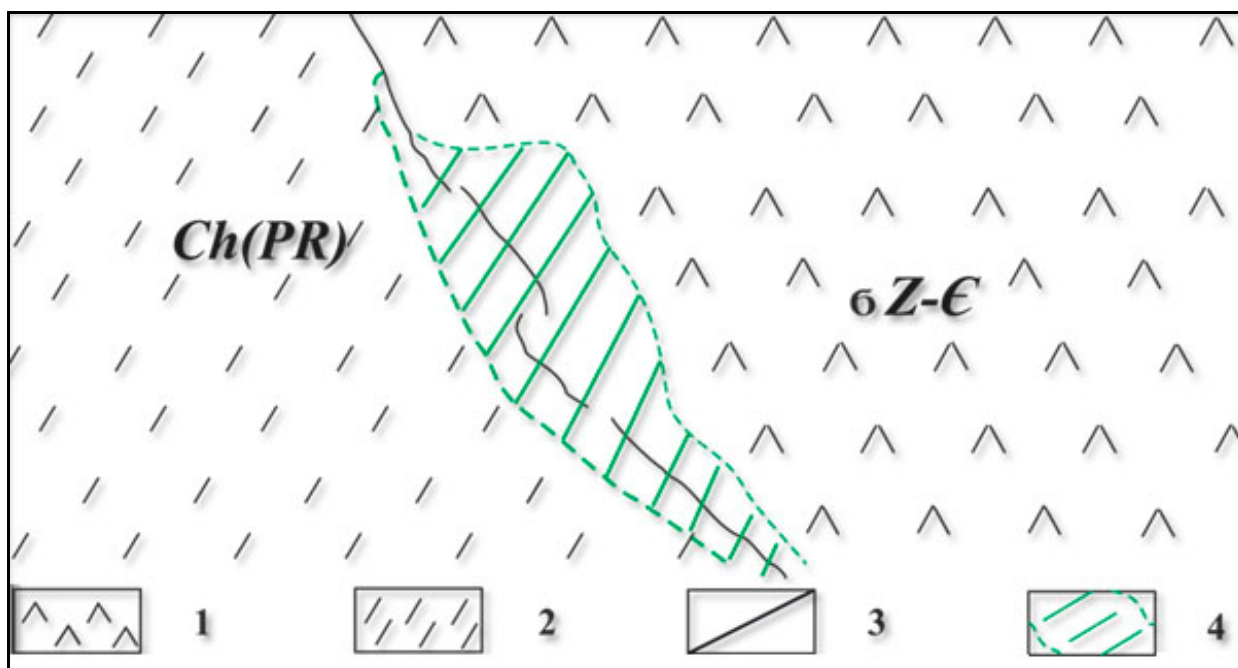


Рис. 2.5. Геологическая схема дешифрирования участка, приведенного на спутниковом снимке рис. 2.4.

1 - серпенинизированные ультрабазиты; 2 - сланцево-карбонатные породы протерозоя; 3- осевые части разлома; 4 - предполагаемая нефритоносная залежь.

Надо отметить, что рельеф в данной зоне высокогорный и сильно расчлененный с отметками порядка 2600 до 4200 м. Площадь труднодоступная, однако, вдоль р. Яркенд существует дорога и нет горных ледников. Важно подчеркнуть, что в долине р. Яркенд отрабатывались как коренные месторождения, так и россыпи нефрита [Богданович, 1892].

Вторая потенциально нефритоносная зона связана с наиболее крупным вытянутым на северо-запад на 20 км телом ультраосновных пород кембрийского возраста (рис.2.6).

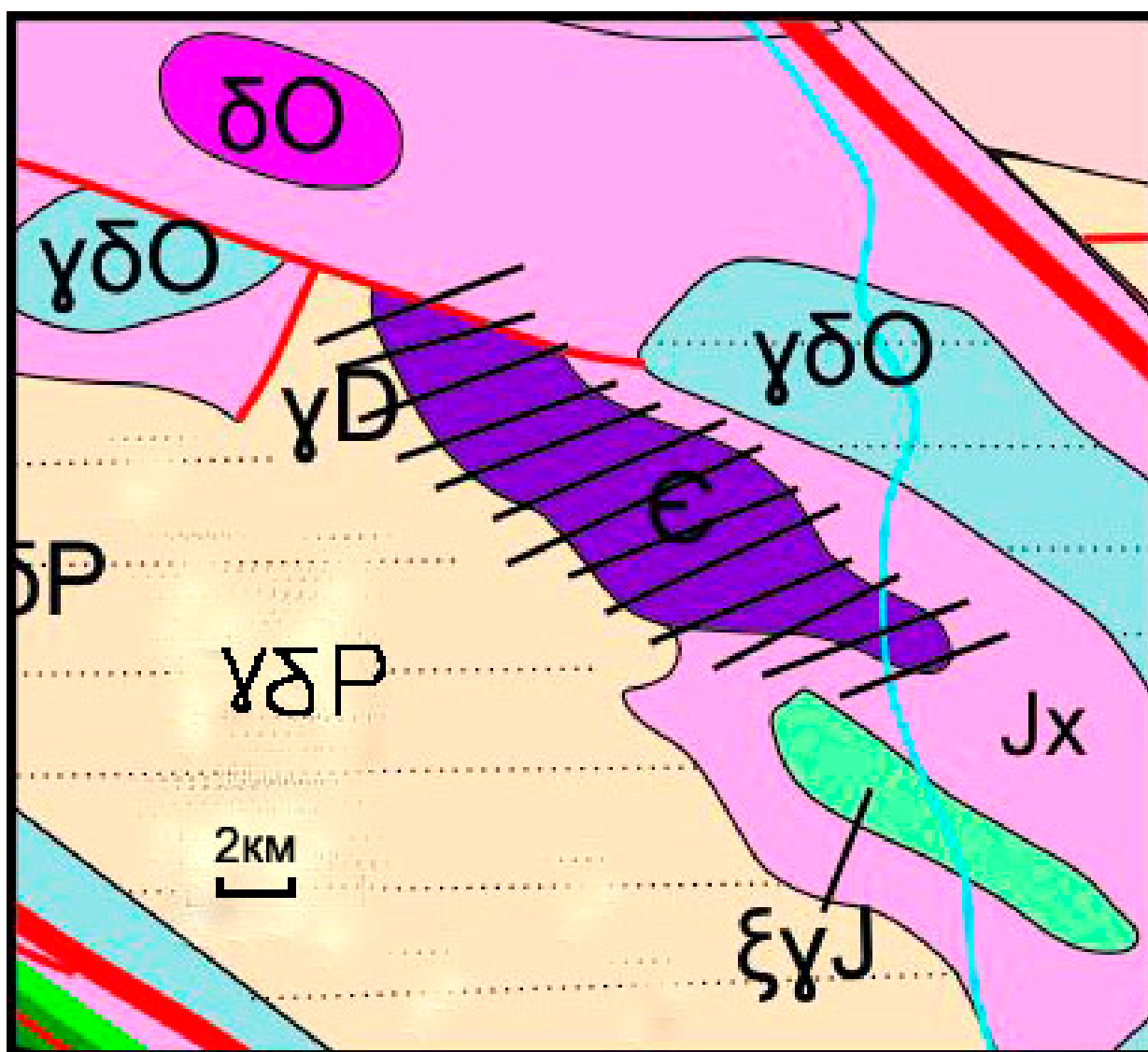


Рис. 2.6. Геологическая схема нефритоносной зоны № 2 по [Tectonic..., 2002].. Условные обозначения см. на рис. 2.2.

Массив ультраосновных пород находится в зоне офиолитового меланжа, что предполагает высокую степень его серпентинизации и протрузивное происхождение. Юго-восточная часть этого массива и небольшая интрузия юрских граносиенитов находятся в поле позднедокембрийских осадочных пород позднего протерозоя группы Джиксианьян (Jixianian, Jx), в которой распространены доломитовые строматолиты и вполне вероятны магнезиты [Geological..., 2002]. В связи с этим важно подчеркнуть, что на северо-востоке Китая в известном нефритоносном Сиуянском районе его месторождения связаны с юрской (150-180 млн лет) интрузией гранитов, внедрившейся в мраморизованные доломиты архея [Старостин, 2014]. С протерозойским

осадочно-метаморфическим комплексом контактируют также ордовикские и пермские гранодиориты.

На площади следует отметить тектоническое нарушение субширо-северо-западного простирания, которое срезает северный фланг массива ультрабазитов вблизи его контакта со сланцево-карбонатными породами.

Отмеченные данные указывают на имеющие место геологические предпосылки образования коренных месторождений нефрита в пределах рассматриваемой площади. Это находит косвенное подтверждение. Массивы юрских граносиенитов и ультрабазитов в области контакта с протерозойской толщей прорезается в долиной р. Тизнаб, имеющей на этой площади субмеридиональное направление. В ее нижнем течении уже в депрессии Такла-Макан в сухих руслах у г. Каргалыка (Яченг) в конце XIX века были прииски по отработке современных аллювиальных россыпей нефрита [Богданович, 1892].

Третья зона находится примерно в 30 км юго-восточнее от второй. Здесь известны два сближенных линзовидных тела ультрабазитов каменноугольного возраста протяженных в плане с запада на восток соответственно на 8,5 и 10 км (рис. 2.7). Расстояние между ними составляет 11 км. Массивы ультрабазитов внедрены в сланцево-карбонатную толщу Джиксианьян позднего протерозоя.

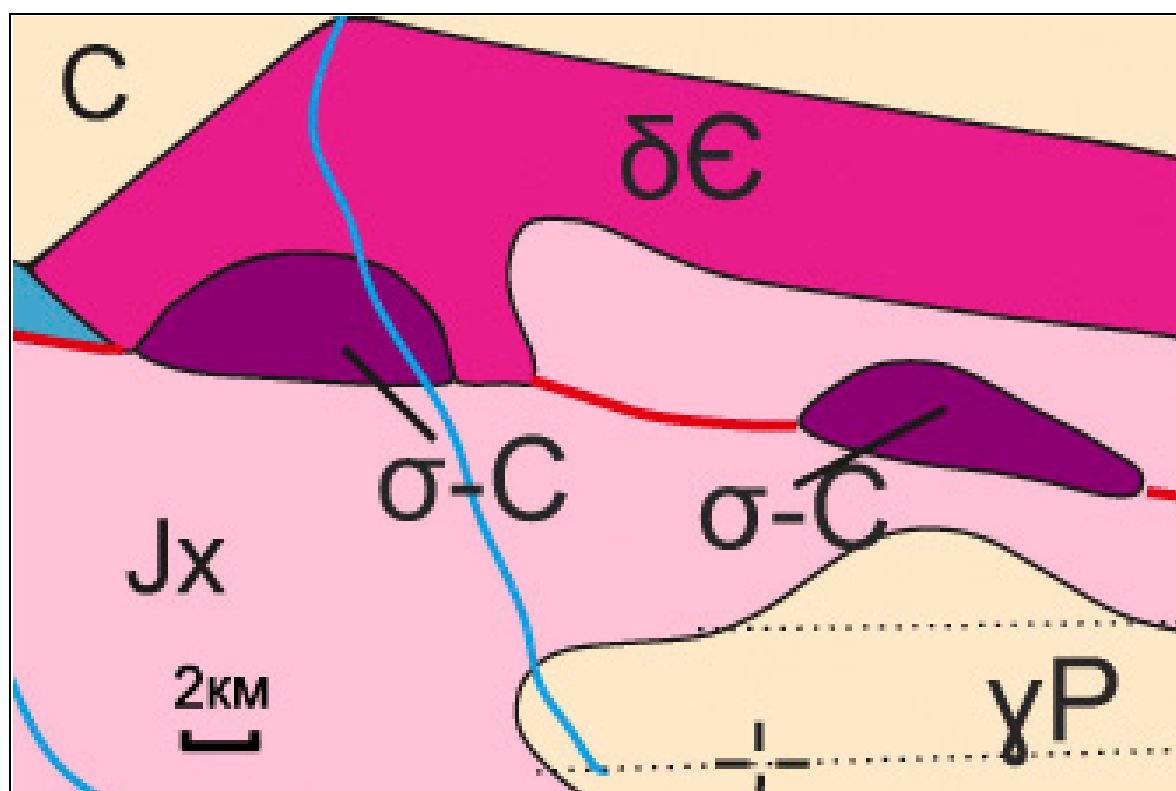


Рис. 2.7. Геологическая схема нефритоносной зоны № 3 по [Tectonic., 2002]. Условные обозначения см. на рис. 2.2.

На юге зоны распространены пермские граниты, на севере - диориты кембрия. Важно подчеркнуть, что по южным флангам массивов ультрабазитов проходит субширотный разлом надвиговой природы. Эта зона дренируется субмеридиональным и северо-восточным отрезками долины реки Джаньяйлаксу, на север переходящей в долину р. Тазгун. На своем субмеридиональном отрезке на высотных отметках 4000-4200 м она пересекает юго-западное окончание массива ультрабазитов.

Отмеченные элементы геологического строения позволяют прогнозировать в ней залежи нефрита обоих геолого-промышленных типов.

В четвертой нефритоносной зоне отмечен достаточно крупный массив габбро-диабазов ордовика, прорывающий на северо-востоке докембрийскую толщу метаморфических пород группы Джиксианьян (рис. 2.8). Особенно важно отметить, что в этой зоне по протяженному на 21 км северному флангу этот позднепротерозойский массив непосредственно контактирует с девонскими гранитами. Напомним, что есть мнение о том, что большинство

месторождений нефрита локализовано именно на контакте гранитов, внедрявшихся в серпентинизированные ультрабазиты [Старостин, 2014]. Данная площадь не является исключением.

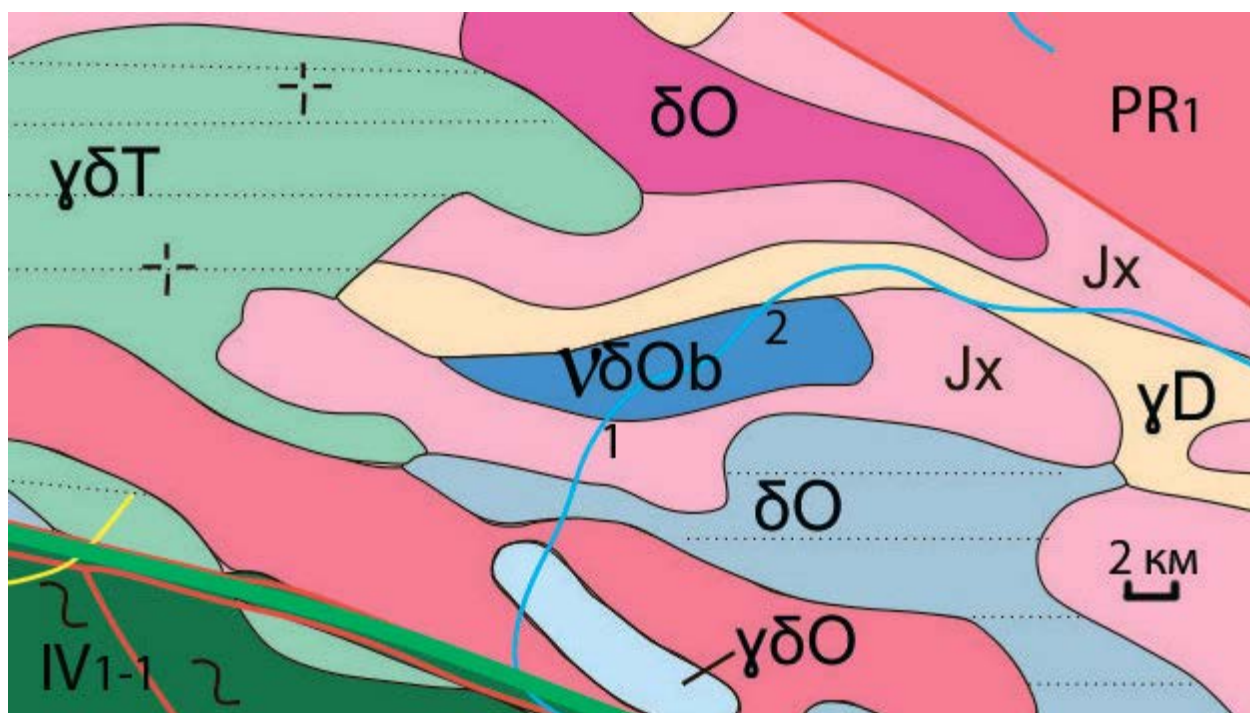


Рис. 2.8. Геологическая схема нефритоносной зоны № 4 по [Tectonic..., 2002]. Условные обозначения см. на рис. 2.2. 1 и 2 - места спутниковых снимков на рис. 2.9 и 2.10.

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. 2.9). Выработанный материал, наверное, сваливался в понижения рельефа. Вполне вероятно, что здесь были разработки нефрита конца XIX века.



Рис. 2.9. Предположительно древние карьеры, расположенные в 10 км на север-северо-восток от с. Шахидула в верховьях 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,

Похожая картина наблюдается и по северо-восточному флангу массива габбро-диоритов на контакте с гранитами. Здесь 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. 2.10, 2.11). Также можно говорить о древних выработках с квадратными формами уступов.



Рис. 2.10. Контакт девонских гранитов с протерозойскими габбро-диоритами, осложненный дайками, т. 2 на рис. 2.7. Вероятный участок с коренными залежами нефрита и предполагаемыми древними карьерами. Спутниковый снимок Bing.

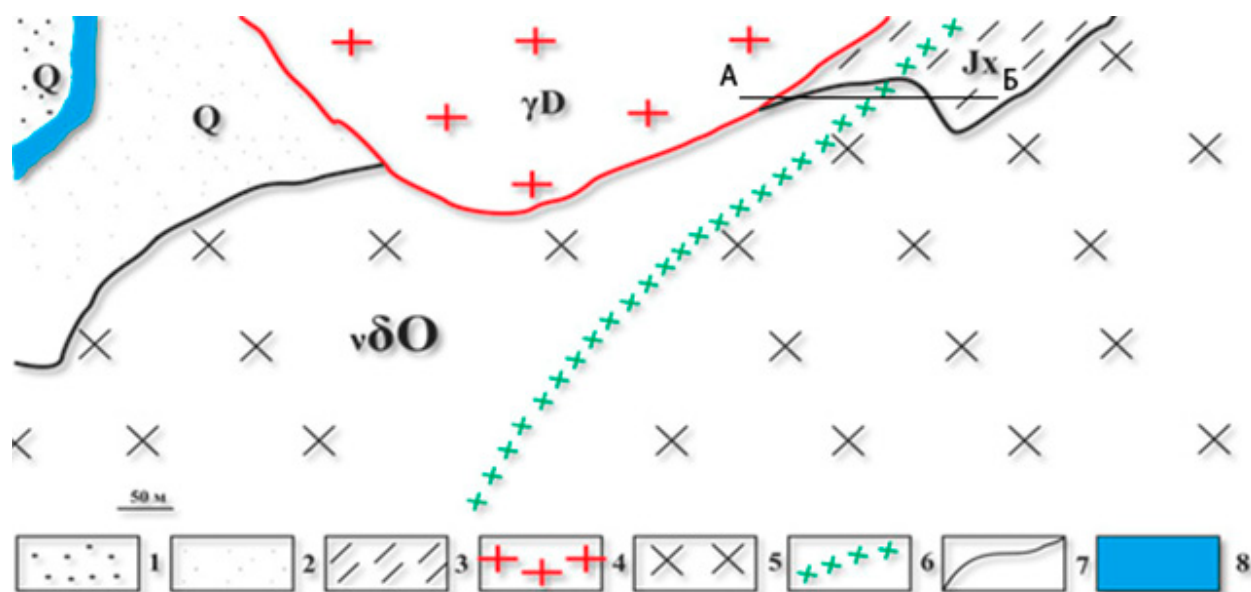


Рис. 2.11. Геологическая схема участка, спутникового снимка рис. 2.8. 1-2 - современные аллювиальные (1) и пролювиальные (2) отложения долины р. Каракаш, перекрывающие протерозойскую толщу 3 - сланцевая толща протерозоя (Jx); 4 - девонские граниты (γD). 5 - габбро-диориты ($v\delta O$); 6 - дайка, вероятно, пегматитов; 7 - контакт девонских гранитов с протерозойской габбро-диоритовой толщей 8 - река Каракаш. АБ - линия разреза.

Данный участок, скорее всего, включает коренное месторождение

нефрита, типичный разрез которого представлен в монографии Ян Хан Чэня с соавторами (рис.2.12). Приведенные на разрезе элементы геологического строения прямо соответствуют площади на северо-востоке участка (см. рис. 2.11). Здесь есть дайка предполагаемых пегматитов и докембрийские метаморфические породы. Намечается и мелкая апофиза габбро-диоритов северо-восточного простирания.

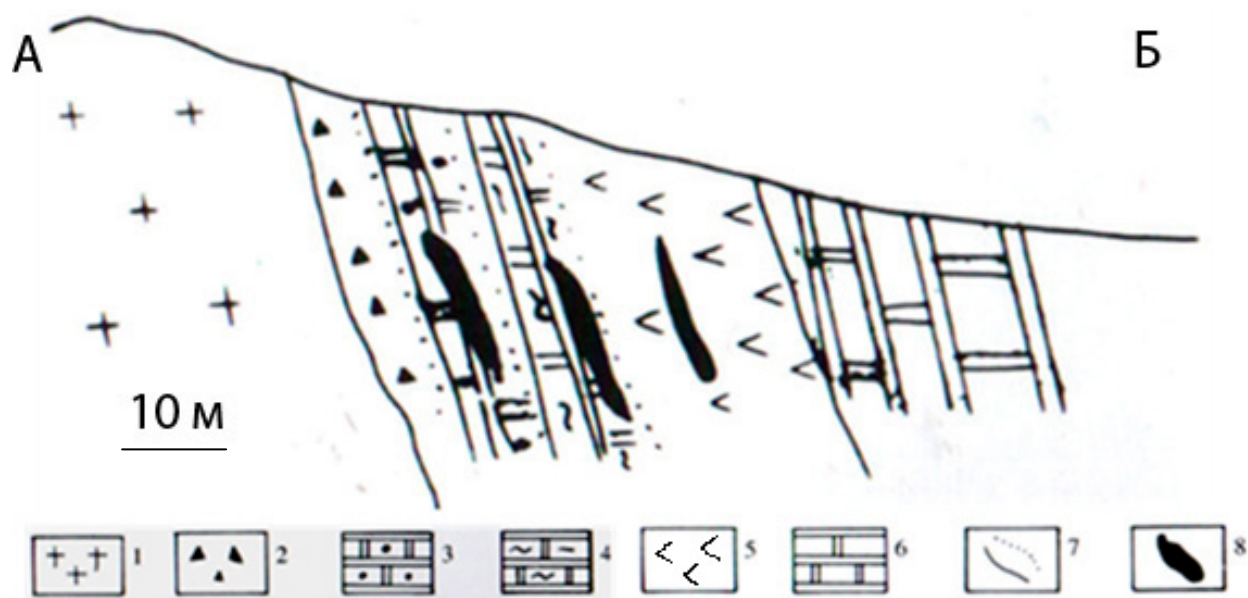


Рис. 2.12. Характерный геологический разрез по линии АБ нефритовой залежи района Хотен [Ян Хан Чэнь и др., 2012].

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

Типичный образец нефрита из этого района приведен в монографии Ли Мина с соавторами (рис. 2.13).

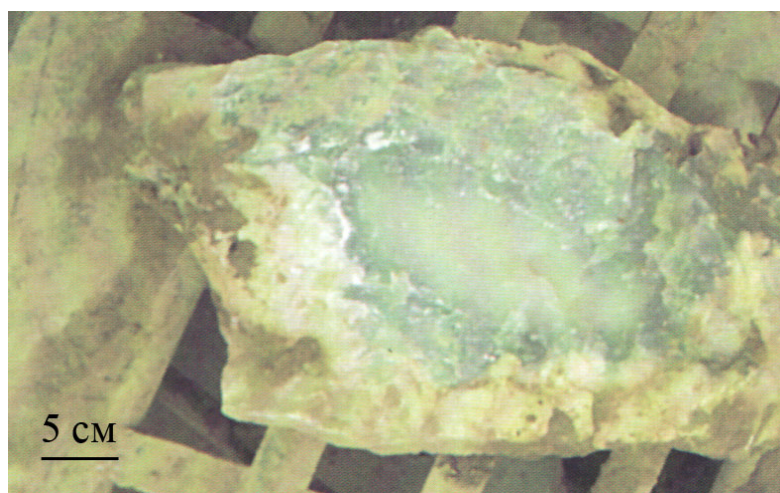


Рис. 2.13. Фото образца нефрита из коренных залежей района Хотен [Ли Мин и др., 2012].

Эта зона включает верховья рек Каракаш и Юрун-Каш, которые ниже по течению в депрессии Такла-Макан соединяются, образуя р. Хотан. На севере зоны развиты верховья р. Дува. В долинах этих рек известны многочисленные россыпи нефрита [Богданович, 1892, Ли Мин и др., 2010, Лу Хуа и др., 2010].

В среднем течении р. Дува в горной местности, приближенной к краю горного обрамления Таримской депрессии, известно коренное одноименное месторождение нефрита, связанное с небольшой дайкой гранитов (рис. 2.14). Здесь канавами вскрыты две линзовидных залежи нефрита длиной 10-12 м и мощностью до двух метров. Они локализованы на контакте дайковидного тела гранодиоритов меридионального простирания с мраморизованными доломитами. Этот контакт нарушен взбросом. По этим данным месторождение следует отнести ко второму контактово-метасоматическому апоскарновому геолого-промышленному типу.

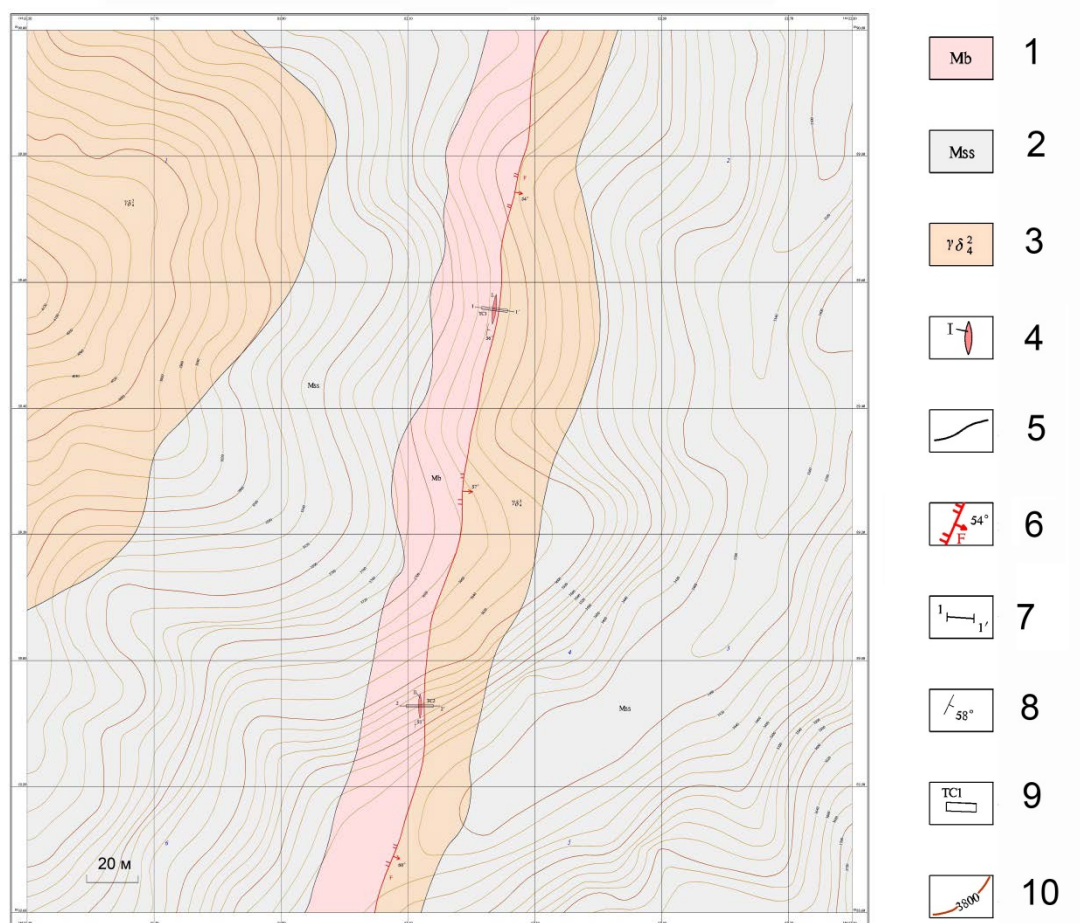


Рис. 2.14. Геологическая схема месторождения нефрита Дува (поданным ООО «Снцзянский светлый путь»).

1 - метаморфические сланцы; 2 - мраморизованные доломиты; 3 - гранодиориты; 4 - нефритовая залежь; 5 - геологические границы; 6 - крутопадающий взброс; 7 - линия геологического разреза; 8 - элементы залегания; 9 - разведочная канава; 10 - горизонталы рельефа.

Пятая потенциальная минерагеническая нефритоносная зона выделяется по двум небольшим, сближенным массивам ультрабазитов каменноугольного возраста, прорывающим протерозойские метаморфические породы Юксианианского комплекса, включающие доломитовые мраморы [Теснїніс, 2002] (рис. 2.15). Здесь имеют место и гранодиориты ордовика. С севера отмечается субширотный надвиг, по которому осадочные породы неогена надвинуты на протерозой.

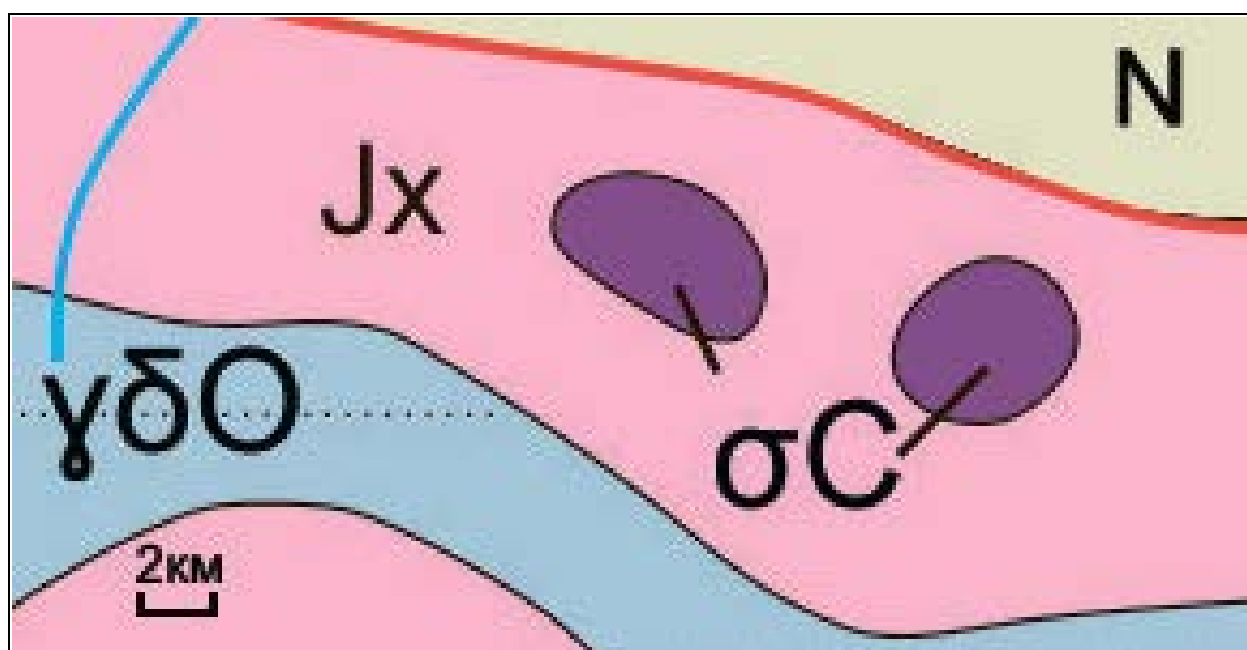


Рис. 2.15. Геологическая схема потенциальной нефритовоносной зоны № 5 по [Tectonic..., 2002].. Условные обозначения см. на рис. 2.2.

Эта зона находится высоко в горах с ледниками (отметки выше 5500 м). В ней имеется субширотный фрагмент р. Юрунгаха-Хе, левый приток р. Чира, которая в депрессии Такла Макан имеет меридиональное простирание.

В *шестой нефритовоносной зоне* расположено три сближенных на 17 и 15 км линзовидных, примерно равных по площади (4,5х9 км) тела габбро и гипербазитов (рис. 2.16). Они имеют кембрийский возраст и локализованы в широтной тектонической пластине рифей-кембрийских пород с тектоническими контактами с протерозойскими осадочно-метаморфическими комплексами и каменноугольными гранодиоритами.

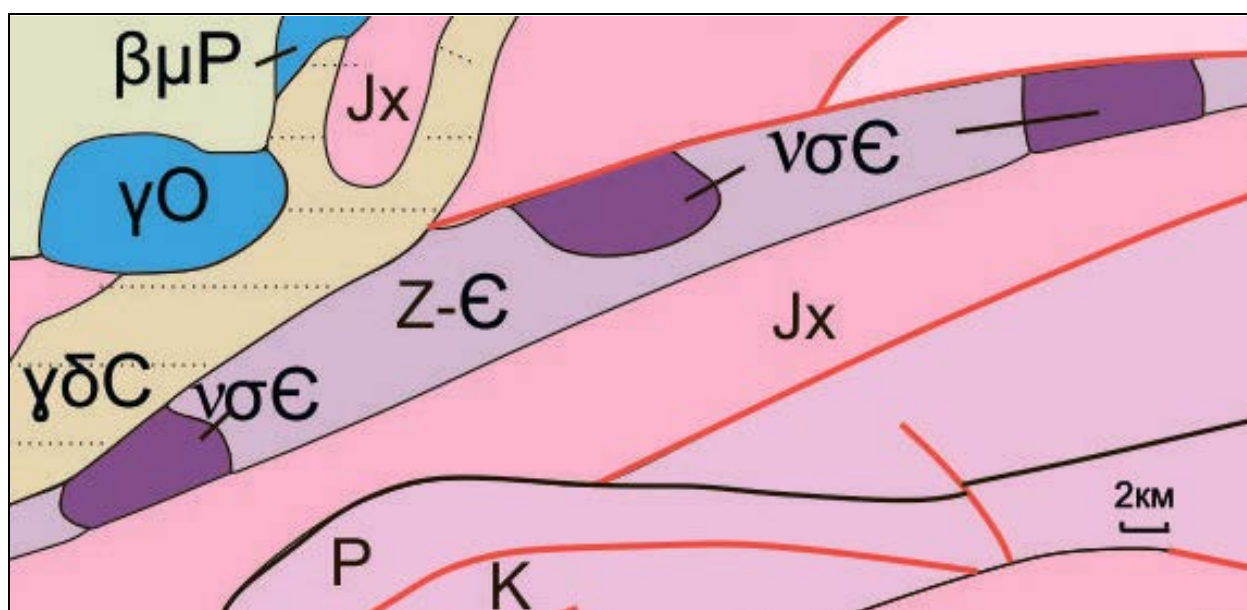


Рис. 2.16. Геологическая схема нефритоносной зоны № 6 по [Tectonic..., 2002].. Условные обозначения см. на рис. 2.2.

В этой зоне локализовано упомянутое месторождение Люшей, которое расположено в хребте Люшитаг. Жилы нефрита приурочены к контакту амфиболитов со скарнированными мраморами [Богданович, 1892, Колесник, 1965]. Залежи нефрита приурочены к западному контакту крайнего с запада массива амфиболизированных габбро и ультрабазитов. В этом массиве гора Люшитаг имеет абсолютную отметку 6742 м. На ней и прилегающей площади распространен протяженный по широте на 60 км, узкий (до 5–7 км) ледник. В прилегающем с запада к горе Люшитаг горном массиве на космическом снимке отчетливо виден карстовый рельеф, очевидно, маркирующий упомянутые мрамора.

Шестая нефритоносная зона дренируется относительно крупной р. Керия, её правые притоки в районе горы Люшитаг эродируют упомянутый массив габбро и ультраосновных пород. В долине р. Керия имеются россыпи нефрита [Богданович, 1892].

Выделенные зоны целесообразно называть согласно названиям рек, верховья которых в них распространены с северо-запада на юго-восток: Яркенд, Тизнаб, Тазгун, Каракаш, Чира и Керия.

Изложенные материалы позволяют сформулировать первое защищаемое положение *"Впервые в западном Кунь-Луне выделено шесть рудно-россыпных нефритовых 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."*

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

3.1 Предпосылки образования россыпей нефрита

Россыпные месторождения нефрита имеют важное экономическое значение. Так, в России и странах СНГ на середину 90-годов прошлого века из них добывалось более 30% сырья [Россыпные..., 1997]. Важно отметить, что вместе с нефритовыми гальками и в глыбах в россыпях может быть и жадеит, поскольку у нефритовых и жадеитовых коренных месторождений имеются близкие геологические условия локализации [Методические..., 2007] и похожие физические свойства (табл. 3.1).

Таблица 3.1.

Физические свойства нефрита и жадеита [Штрюмбель, Циммер, 1987].

Минерал	Плотность, кг/м ³	Блеск	Твердость	Хрупкость	Цвет	Прозрачность
Нефрит (плотная разность актинолита и тремолита $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})[(\text{OH}, \text{F})\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$)	Около 3,0	Жирный, восковой	6,-6,5	Вязкий	От луково-зеленого до зеленовато-серого, белый, желтоватый, табачно-коричневый, часто пятнистый	Просвечивающий и непрозрачный
Жадеит $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	3,24-3,42	Стеклянный, перламутровый	6,5	Менее вязкий	Белый, бледно-зеленый, желтоватый, зеленый, темно-зеленый, однотонный или пестрый, черный	От непрозрачных до полупрозрачных

В краевой западной части Таримской депрессии и в прилегающих горах центрального Кунь-Луны известны многочисленные нефритовые россыпи. К началу двадцатого века они распространялись от коренных выходов нефрита по рекам Яркенд, Тизнаб, Дува, Кара-Каш, Чира, Керия, Кара-Муран и Татлыксу [Богданович, 1892]. Для образования россыпей нефрита в рассматриваемом районе проявлены ведущие предпосылки, которые в целом выделяют для оценки формирования россыпных месторождений [Билибин, 1938, Корчуганова, 2010, Корчуганова, Сурков, 2010, Шило, 2000 и др].:

= присутствие коренных месторождений;

- геоморфологические характеристики, которые показывают оптимальный эрозионный срез и гидродинамические ловушки накопления ценных минералов;

- неотектонические режимы;

- климатические условия.

Отмеченные предпосылки адаптированы к условиям рассматриваемого района [Игнатов, Хэн, 2015, Хэн, 2013].

Во-первых, распространены коренные месторождения нефрита. Как показано в гл. 2, в рассматриваемом регионе известны представители двух главных геолого-промышленных типов месторождений нефрита, связанные с ультрабазитами и локализованные в эпискарновых метасоматитах в активных контактах гранитов.

Во-вторых, важен геоморфологический фактор. В этом аспекте благоприятна значительная протяженность рек, которая обуславливает интенсивную сепарацию обломочного материала и образование гидродинамических ловушек на пути его переноса. В данном регионе она колеблется от 150-180 км до 400-450 км при резких перепадах продольного профиля рек.

Надо отметить, по-видимому, оптимальный уровень эрозионного среза, когда в область аккумуляции поступало и поступает значительное количество обломочного материала. Ориентировочно его можно оценить,

исходя из сегодняшних перепадов высот от высоких гор с отметками 5,5-6,0 км до равнины с отметками 1,0 - 1,2 км. Массивы ультрабазитов и вероятные места скарнирования отмечены на уровнях 2,5-3,0 км и выше. Следовательно, эрозионный срез составляет от 1,5 до 4,8 км., что в общем случае считается оптимальным для формирования россыпей [Словарь по геологии россыпей, 1985].

Считается, что месторождения нефрита имели гидротермально-метасоматическое происхождение [Колесник, 1965, Колбанцев, Конников, 1986], а зона гидротермалитов охватывает от поверхности до 6-8 км глубины земной коры [Зарайский, 1989, Игнатов, 2012, Старостин, 2012]. Учитывая, что скорость эрозии гор составляет порядка один километр за один миллион лет [Кукал, 1987, Петров, 1963], а время накопления древнечетвертичных отложений исчисляется сотнями тыс. лет, можно ожидать, что эродированы верхние части массивов, включающих коренные залежи нефрита.

Таким образом, можно допустить, что в область аккумуляции поступило и попадает до половины коренных залежей нефрита, что существенно.

Естественно, ближе к эндогенным залежам нефрита располагаются глыбы нефрита 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, как и для других минералов россыпей, важно, чтобы на пути миграции терригенного материала существовали 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 виден

на удалении от гор на в 60-70 км в виде продольного уступа пенеппленезированного равнинного рельефа с перепадом порядка 100 м.

В пределах горной страны надо выделить два типа придолинных частей рельефа – контрастный островершинный скальный и сглаженный. Очевидно, первый тип рельефа обусловлен интенсивным современным препарированием скальных массивов эрозионно-денудационными процессами, происходящими на фоне резких вертикальных тектонических движений. Этот рельеф преобладает в среднем течении и верховьях р. Яркенд на северо-западе территории. Второй типа рельефа, по-видимому, более древний и связан с процессами сглаживания гор под действием горных ледников. На космических снимках хорошо читаются моренные суглинистые отложения, перекрывающие коренные породы. Сглаженные формы горного рельефа распространены в центральной и юго-восточной частях рассматриваемого региона, например, в нижнем течении р. Джаньяйлаксу и практически после ее впадения в р. Каракаш. Оба типа рельефа будут иллюстрированы при рассмотрении конкретных примеров россыпных ландшафтов.

В первом типе горного островершинного рельефа должны формироваться делювиальные и пролювиальные россыпи, во втором сглаженном – морено-ледниковые и флювиогляциальные. Аллювиальные россыпи нефрита могут быть в обоих типах рельефа.

Рельеф и история его формирования определяются неотектоническими движениями - третьим фактором образования россыпей. В регионе Кунь-Луны, очевидно, проявление контрастных блоковых движений с большими в сотни метров амплитудами подвижек. 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.

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. 3.1).

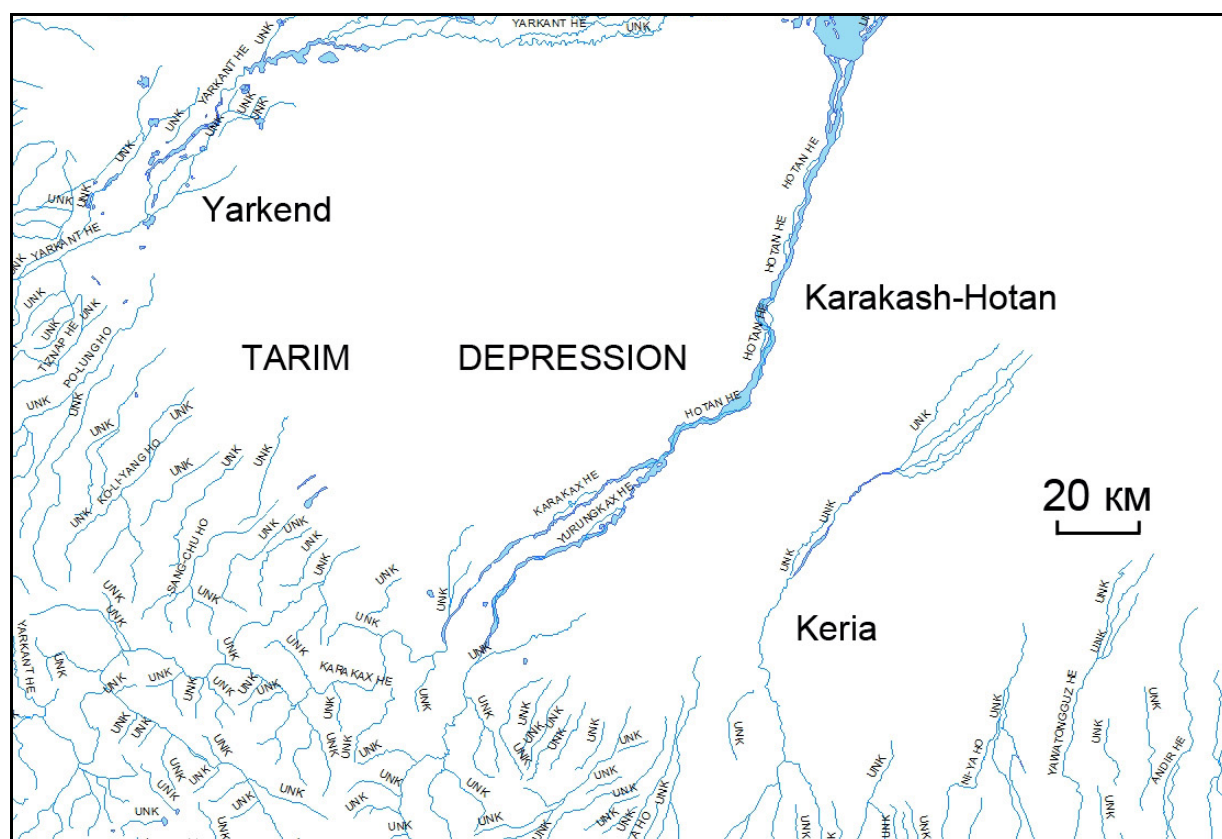


Рис. 3.1. Речная сеть Центрального Кунь-Луна и прилегающей Таримской депрессии. WWW.diva-gis.org. downloaddatabycountry.

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, которые находятся между реками Яркенд и Керия. Долины этих рек относительно прямолинейные и простираются на северо-восток или на север поперек к простиранию складчато-надвиговых структур Кунь-Луня.

В этой связи можно предположить, что ресурсы аллювиальных россыпей нефрита в больших реках должны превышать ресурсы в малых реках. Как большие, так и малые реки в своих верховьях, иногда в среднем течении эродируют массивы коренных пород, слагающие шесть выделенных ранее минерагенических нефритоносных зон (рис. 3.2).

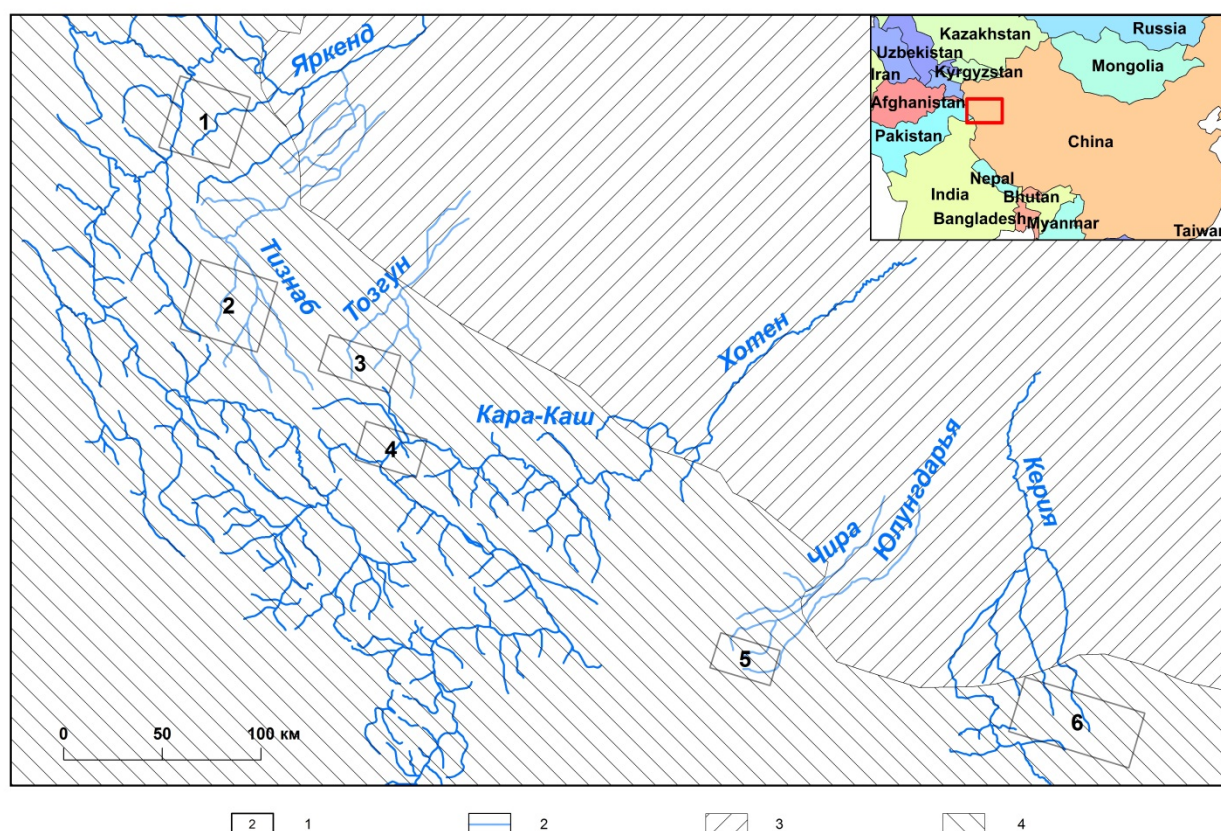


Рис. 3.2. Основные реки района, дренирующие нефритоносные зоны.

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

Четвертый фактор заключается в климатических условиях образования

россыпей. В данном регионе ярко выражена высотная климатическая зональность – от горных ледников (отметки выше 4,5 км), через гумидные зоны леса и альпийских лугов в высоких горах, до экстрааридных областей с барханными песками на равнине, приподнятой над уровнем моря на 1000-1200 м (рис. 3.3).

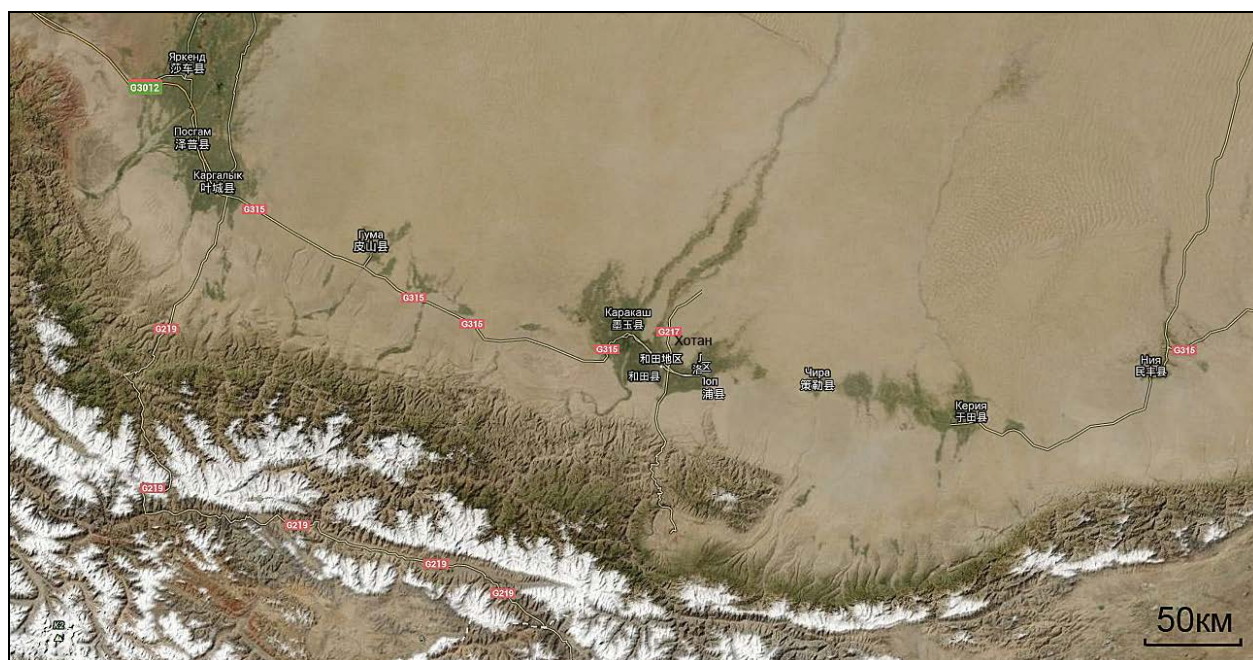


Рис. 3.3. Обзорный космический снимок района Центрального Кунь-Луня и прилегающей Таримской депрессии. Белое – снежники и ледники в высоких горах, коричневое – средние и высокие горы и предгорья, светло-коричневое – барханная и лессовая равнина пустыни Такла-Макан., зеленое – заселенные оазисы, включая наиболее крупные по р. Яркенд в левом верхнем углу снимка и по р. Каракаш-Хотен в центре снимка. Спутниковый снимок.WWWSASPlanetBing.

Надо отметить присутствие в пустыне оазисов с гумидным микроклиматом (см. рис. 3.3). 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-Хотен (см. рис. 3.2).

Наличие двух рек Яркенд и Хотэн, которые насквозь прорезают всю пустыню Такла-Макан, а также присутствие протяженной до центра пустыни р. Керия, прямо 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 условия и более интенсивной сепарации обломков. Косвенно это подтверждается наличием в древнеаллювиальных отложениях самых лучших сортов нефрита [Богданович, 1892].

3.2. Типы нефритовых россыпей

Отмеченные предпосылки и историко-геологические данные служат основанием для выделения различных генетических типов нефритовых россыпей [Игнатов, Хэн, 2015]. Прежде чем их перечислить, необходимо подчеркнуть, что россыпи нефрита, как и сопутствующего ему жадеита и других камнесамоцветных минералов и пород, представляют собой россыпи глыбового, валунного и галечного грубообломочного материала. Глыбовыми являются делювиальные и ледниковые россыпи нефрита. Пролювиальные могут содержать небольшие глыбы, плохо окатанные валуны и гальку, аллювиальные – валуны и гальку нефрита. Типичная глыба нефрита из пролювиальных отложений района Хотен приведена на рис. 3.4.



Рис. Фото глыбы нефрита из пролювия района Хотен [Ли Мин и др., 2012].

Интересно, что качество нефрита улучшается в этом ряду: глыбы нефрита, включая коренные залежи, - угловато-округлые гальки пролювия – галька современных рек – галька древнего аллювия. Это закреплено в местных китайских (уйгурских) названиях нефритового сырья, приведенных К.И.Богдановичем [1892]. Соответственно перечисленному ряду они называются – чаазы-таш (коренные залежи и глыбы), каш-таш (пролювиальные и ледниковые) – су-таш (современный аллювий) – цыр-таш (древнечетвертичный аллювий).

Следует подчеркнуть, что глыбовые россыпи нефрита представляют особую ценность, поскольку из них можно выполнить гигантские ритуальные скульптуры, вазы, колонны и пр. Так, в 1960 г. на северо-востоке Китая в уезде Сиуян в горах была найдена самая крупная в мире (7,95 x 6,88 x 4,1 м) глыба нефрита весом 260,76 т, из которой к 1995г. выточили восьмиметровую статую Будды и установили в г. Аншань [Старостин, 2014].

Грубообломочные осадочные образования могут формироваться в делювии и его особом выражении - курумниках, долинных моренных отложениях, пролювиальных конусах, аллювии горных рек, аллювии равнинных отрезков рек, наземных дельтах. Для речных долин в пустыне Такла-Макан вполне вероятны перекрытые аллювиальные а также древние аллювиальные россыпи. Выделять элювиальные россыпи нефрита не имеет смысла, поскольку нефрит весьма вязкий и мало трещиноватый материал. Кроме того, коренные залежи находятся высоко в горах, где весьма трудно использовать механизмы для добычи или выпиливания камней, а взрывные работы сильно ухудшают качество сырья [Есев и др., 2014].

Ниже приведены примеры типичных ландшафтов, в которых могут быть россыпи нефрита. Они подобраны только по тем речным долинам, которые дренируют выделенные ранее (см. гл. 2) нефритоносные минерагенические зоны западного Кунь-Луны.

Участок с линейной цепочкой глыб предположительно курумной россыпи нефрита отчетливо виден вблизи вероятных коренных выходов нефритоносных пород в зоне № 1 на юго-западных склонах хр. Тохтакорум в среднем течении р. Яркенд, в 9,5 км на юго-восток от впадения в него правого притока р. Ташкурбан (рис. 3.4). Отчетливо выделяется голубая полоса, заполняющая ущелье, в которой видны крупные глыбы. Данный участок расположен в 200 м северо-западнее площади с предполагаемым выходом коренной нефритовой залежи, показанной на рис. 2.4.



Рис. 3.4. Вероятная курумная россыпь глыб нефрита на западном контакте массива ультрабазитов (темно-серое) с позднепротерозойскими осадочными породами группы Чангченжан (Changchengian) (светло-серое). Первая минерагеническая нефритоносная зона (Яркенд) Спутниковый снимок Bing.

Примером делювиальных отложений, в которых могут быть глыбы нефрита, служат склоновые образования на участке, расположенном в верховьях р. Каракаш выше по течению 4,5 км от с. Тограсу (рис. 3.5). Здесь в правом борту реки склоновые отложения, наверное, совмещены с ледниковыми.

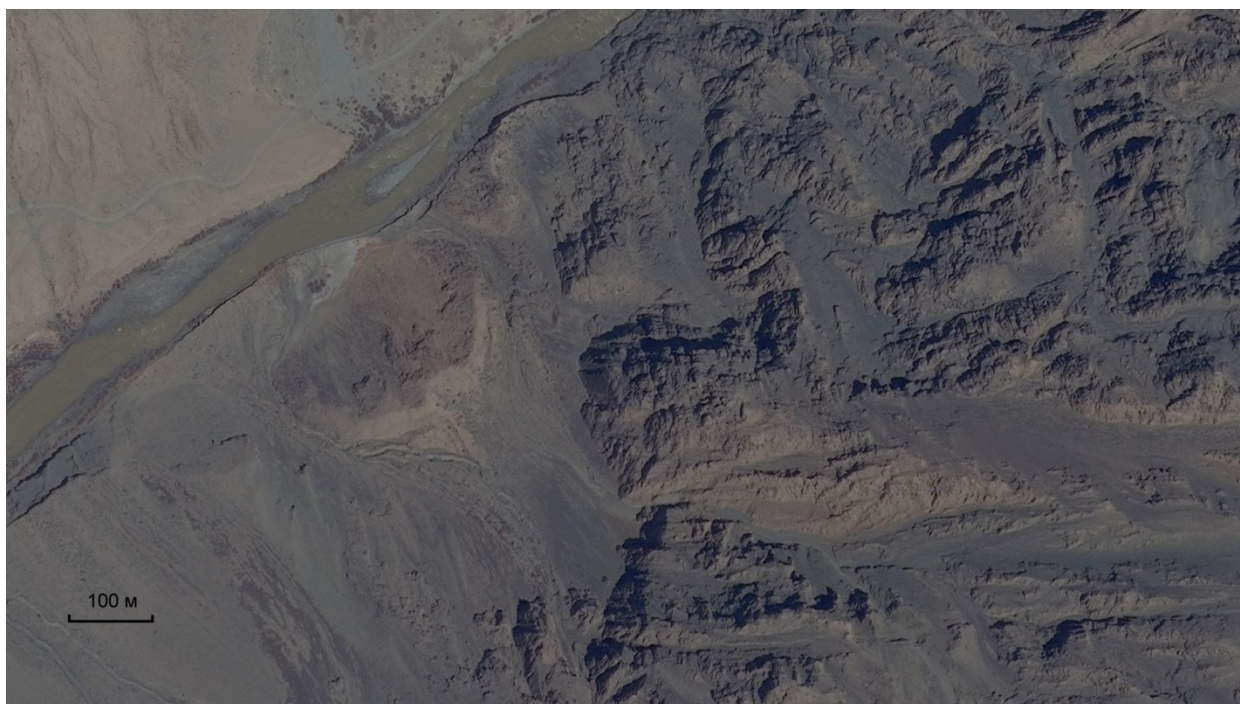


Рис. 3.5. Положение потенциальной делювиальной россыпи нефрита в верховьях р. Каракаш выше по течению 4,5 км от с. Тограсу, пересекающей с юга массив габбро-диоритов (темно-зеленый) на контакте с осадочными породами позднего протерозоя группы Джиксианьян (Jixianian) (светлое). Потенциальная нефритоносная зона № 4. В левой половине снимка распространены покровные ледниково-делювиальные отложения. Спутниковый снимок Bing.

На участке видна субширотная граница контакта массива ультрабазитов с протерозойской осадочно-метаморфической толщей группы Джиксианьян. В зоне контакта могут быть залежи нефрита.

Типичным ландшафтом моренных отложений является участок в верховьях долины р. Чира (рис. 3.6).

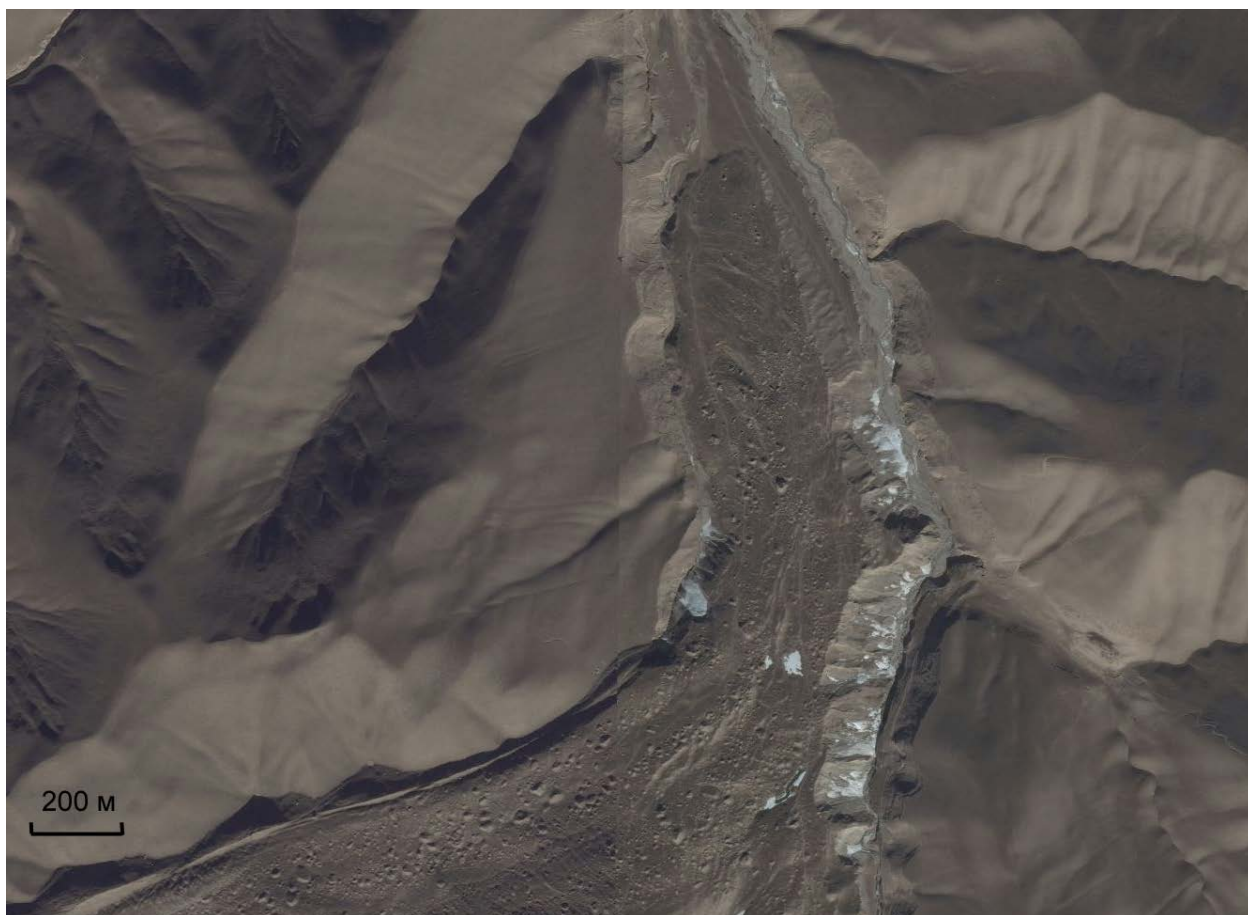


Рис. 3.6. Язык долинных моренных ледниковых отложений с вероятной ледниковой валунной россыпью нефрита в потенциальной нефритоносной зоне № 5. Верховья субмеридионального правого притока р. Чира у заброшенной деревни Куму Тореге (KumuTorege). Спутниковый снимок Bing.

На участке в правом борту языка ледниковых отложений видны крупные глыбы голубого льда, а в самом языке – следы вытаивания глыб льда и борозды течения. По бортам долины рельеф сглаженный, очевидно, покрыт моренными суглинками. Ниже в этой долине начинается река Чира, в которой могут быть флювиогляциально-аллювиальные россыпи нефрита.

Ледниковые отложения в своих краевых частях смешиваются с пролювиальными и аллювиальными осадками, образуя сложные образования. Примером этого может служить ландшафт вероятной сложной россыпи нефрита в долине р. Караташ на участке, расположенном недалеко от одноименного села (рис. 3.7).

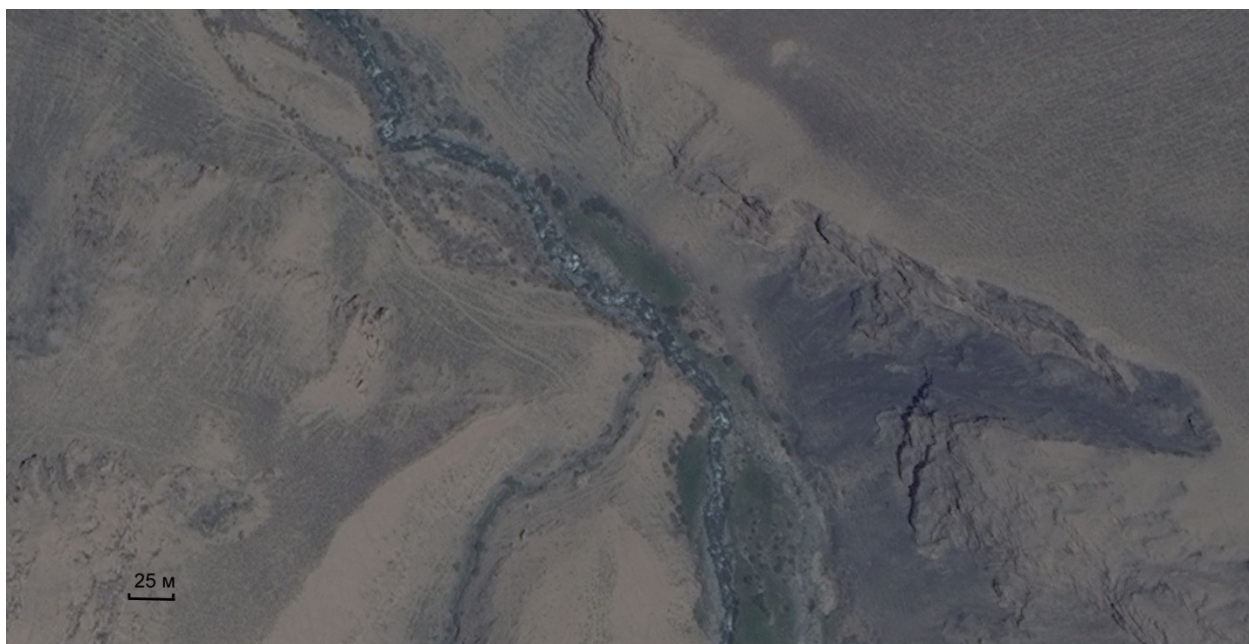


Рис. 3.7. Позиция вероятной моренно-аллювиально-пролювиальной россыпи нефрита в верховьях р. Караташ в 3.5 км на юго-восток от с. Караташ места ее слияния с р. Джаныляйлаксу, ниже по течению переходящей в р. Тозгун. Спутниковый снимок Bing.

Большая часть участка покрыта моренными отложениями, которые слагают сглаженные формы рельефа. Среди ледниковых отложений виден небольшой скальный выступ ультрабазитов нефритоносной зоны № 3. Судя по геологической карте, данный участок находится в зоне юго-западного разломного контакта ультрабазитов с осадочными породами позднего протерозоя группы Джиксианьян (Jixianian).

Еще одним примером моренно-аллювиальных ландшафтов, в которых вероятны глыбы нефрита, виден на космическом снимке участка долины в верховьях р. Тизнаб (Холастан) у с. Куди (Kudi) (рис. 3.8).

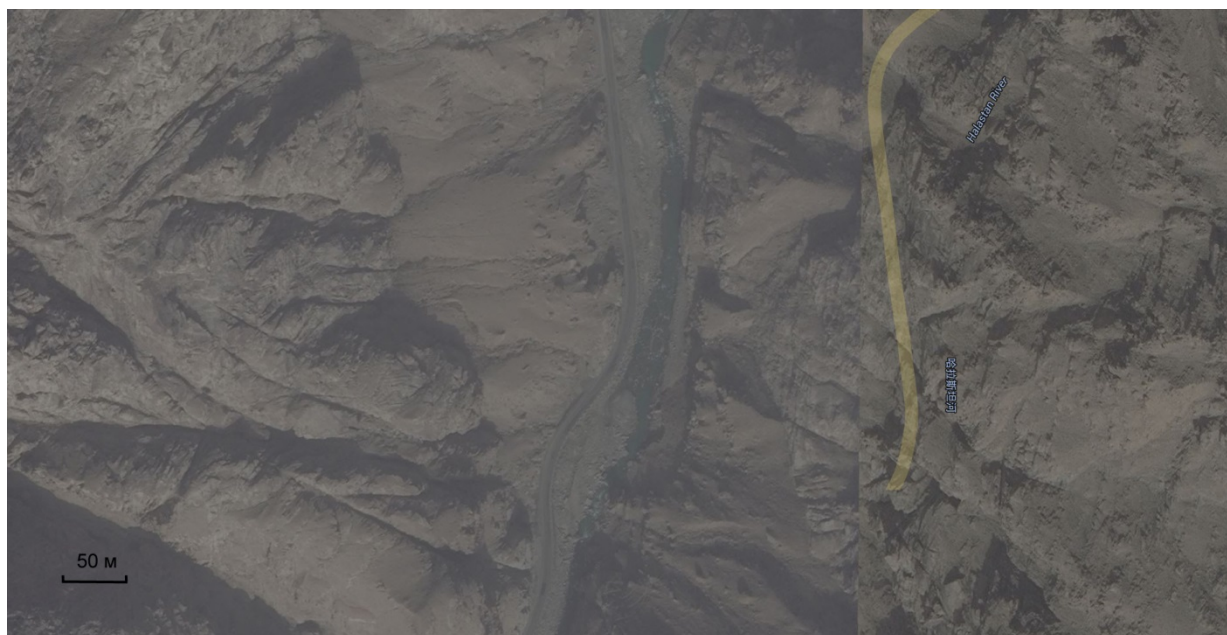


Рис. 3.8. Вероятное положение моренно-аллювиальной россыпи нефрита в верхнем течении р. Тизнаб (Холастан), у с. Куди (Kudi). Желтая полоса - условный знак дороги. Вторая минерагеническая нефритоносная зона (Дува). Спутниковый снимок Bing.

На этом участке имеет место юго-восточное окончание меланжированного массива ультрабазитов (темно-серый бугристый массив слева, пересеченный рекой на юго-восточном окончании) с позднепротерозойскими сланцево-карбонатными породами группы Джиксианьян (Jixianian) (желтовато-серый массив с видимым напластованием на правом берегу). В придолинной части развиты моренные отложения в виде полого-волнистой придолинной поверхности.

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. 3.9).



Рис. 3.9. Участок устья правого субширотного притока р. Яркенд. в 5,5 км на юг от места впадения р. Ташкурган в р. Яркенд. Спутниковый снимок Bing.

На 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.

Места аллювиальных россыпей нефрита распространены как в горных отрезках речных долин, так и в их равнинных частях в прибортовых районах Таримской депрессии. В первом случае они должны отстоять от коренных источников более чем на десятки км, чтобы гальки успели сформироваться и нефрит отбился от вмещающих пород. Протяженность горных рек района составляет от десятков до более 150 км, следовательно, в горных ущельях вполне вероятны россыпи нефрита. В таких россыпях вместе с галечниками могут сохраняться и глыбы нефрита, оставшиеся от таяния ледниковых отложений (рис. 3.10).



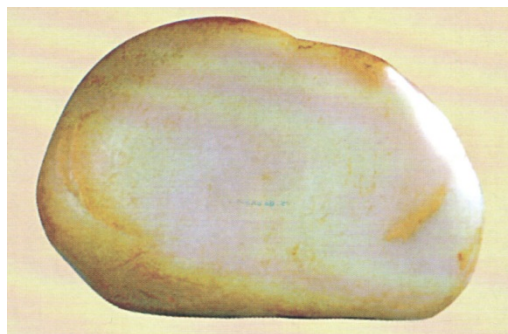
Рис. 3.10. Реликтовая глыба нефрита в русловых валунно-галечных отложениях среднего течения р. Юрун-Каш. Фото профессора Пекинского Геологического университета.

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].

Нефритовые гальки из аллювиальных россыпей отличаются большим разнообразием, что можно проиллюстрировать на приеме нефрита из месторождений по долине р. Каракаш (рис. 3.11).



а



б



в



г

Рис. 3.11. Гальки нефрита разного цвета (а-г) и приблизительно одинакового качества из аллювия р. Каракаш (Хотен) [Ли Мин и др.,

2012].Натуральная величина.

Нефрит в гальках также имеет разнообразную текстуру окраски (рис. 3.12).

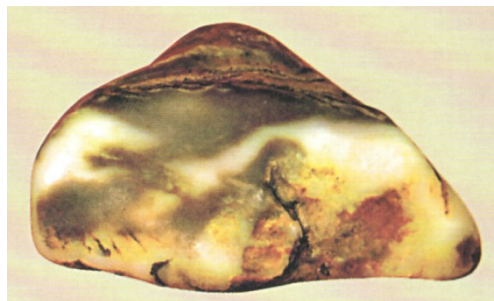


Рис. 3.12. Рисунчатый нефрит из аллювия р. Хотен. Натуральная величина. [Ли Мин и др.,2012].

Наиболее ценный нефрит из аллювия имеет черно-синеватый цвет. Натуральная величина. (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Черно-синеватый нефрит из аллювия р. Хотен [Ли Мин и др.,2012].

Интересно отметить, что 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. В отчете К.И.Богдановича [1892] приведены сведения о золотых приисках, действовавших в конце XIX века в пределах рассматриваемого района западного Кунь-Луны в долинах рек: Каракаш и Юрункаш (бассейн р. Хотен) и р. Керии (у с. Полу). Эти аллювиальные россыпи расположены в высоких горах и предгорьях. В этом отчете указана россыпь, в которой совместно добывался нефрит и золото у с. Кумат, находящаяся в месте выхода р. Юрункаш из гор на равнину Такла-Макан.

В настоящее время с. Кумат протягивается на несколько километров вдоль правого притока р. Юрункаш и находится в 2-3 км восточнее резкого разворота и расширения р. Юрункаш (рис. 3.14). Очевидные следы древних и, возможно, недавних мелких горных выработок (карьеров и траншей) отчетливо видны на космическом снимке участка № 1 (рис. 3.15). Положение этого участка показано на предыдущем рисунке (см. рис.. 3.14).



Рис. 3.14. Географическое положение с. Кумат [SAS Планет.Google карта].



Рис. 3.15. 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. Спутниковый снимок Bing.

Примером ландшафта, где вероятна аллювиальная россыпь нефрита может быть участок резкого расширения долины р. Керия (рис. 3.15).

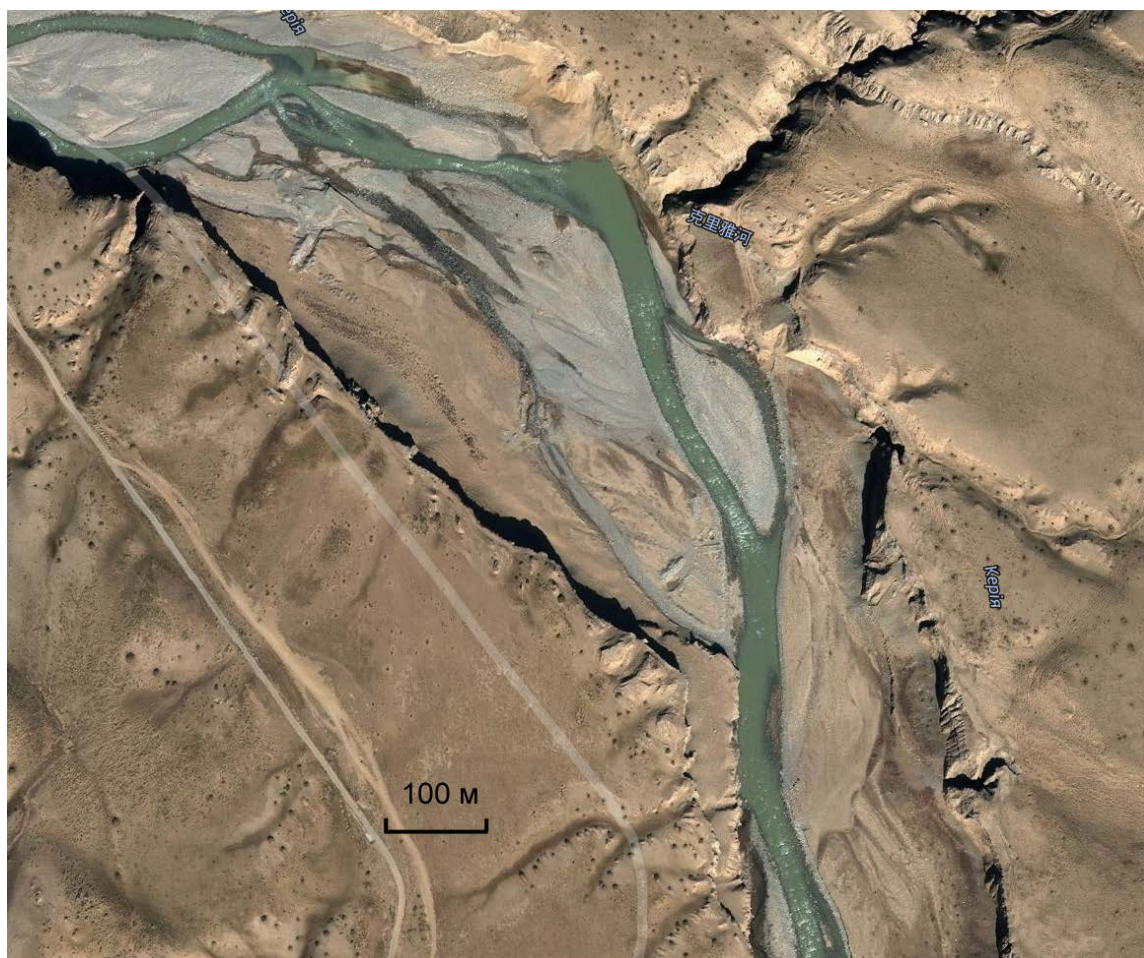


Рис. 3.15. Вероятная позиция аллювиальной россыпи нефрита в месте резкого изгиба и расщирения долины р. Керия в 4.5 км ниже по течению от предгорного с. Керия Янгчанг (KeriaYangchang). Спутниковый снимок Bing.

Участок находится в 4.5 км ниже по течению от горного обрамления равнины, где расположено с. Керия. Помимо расширения долины, здесь имеет место существенный почти под прямым углом разворот на запад долины реки.

Заметим, что р. Керия в данном месте прорезает приподнятую равнину, сложенную алевритистыми породами, включая лессовидные образования. В самом русле вполне вероятны песчано-гравийные и галечные отложения, поскольку показанное место отстоит от гор всего на 5 км.

Другой пример возможного накопления русловых галечников, содержащих нефрит, представляет участок слияния двух крупных русел в

долине р. Чира (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Участок потенциальной аллювиальной россыпи нефрита в месте слияния двух притоков в верховьях субмеридионального правого притока р. Чира в 400 м южнее д. Ле Тукуму (LeTukumu). Спутниковый снимок Bing.

Этот участок также расположен в среднегорье на расстоянии порядка 3 км от вершин высоких гор.. Напомним, что р. Чира дренирует в своих верховьях потенциальную нефритоносную зону № 5. В данном случае вероятна не только современная россыпь нефрита, но и ее погребенная под покровными мелкоземистыми (лессовидными) отложениям ее разновидность.

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. В обоих случаях русловой аллювий формирует веерные фации [Попов, Запрометов, Хусанбаев. 1988, Хэллем, 1983].

Наземные дельты представляют особый тип аллювиальных россыпей

нефрита. В верхних частях крупных предгорных конусов выноса могут формироваться не только галечники, но и валунники.. Причем валуны размерами в диаметре до полуметра и более хорошо окатаны. Такие отложения, например, отмечены в крупном конусе выноса мелового возраста в Ульзитинской депрессии Гобийской части Монголии [Гречухин, Игнатов, 2014]. Значение наземных дельт в формировании россыпных месторождений аридных областей отмечено и в работе Н.Г.Патык-Кара [1995].

Доказательством существования наземных дельт в регионе являются крупные конуса выноса радиусом от 5-6 до 25 км, расположенные внутри пустыни Такда-Макан. С ними связаны отмеченные выше оазисы, где проживает большое количество людей (см. рис. 3.3) Это города Яркенд (Шача), Каргалык (Яченг), Хотэн, Керия (Ютиан) и др. В районах этих городов распространены ландшафты каменистой пустыни (рис. 3.17). Также имеют место техногенные ландшафты, которые получились за счет многих сотен лет разработки приповерхностных залежей нефритоносных галечников (рис. 3.18).



Рис. 3.17. Ландшафт каменистой пустыни и частично техногенный в районе г. Хотен левый берег р. Каракаш, где имеются остаточные гальки нефрита.



Рис. 3.18. Техногенный ландшафт, созданный в результате разработки россыпей нефрита в районе г. Яркенд.

Заметим, что абсолютное большинство больших и малых наземных дельт запада Таримской депрессии отчетливо укладываются в две субпараллельные со смещением линейные полосы северо-западного простирания. Фрагмент этих полос показан на рис. 3.19.

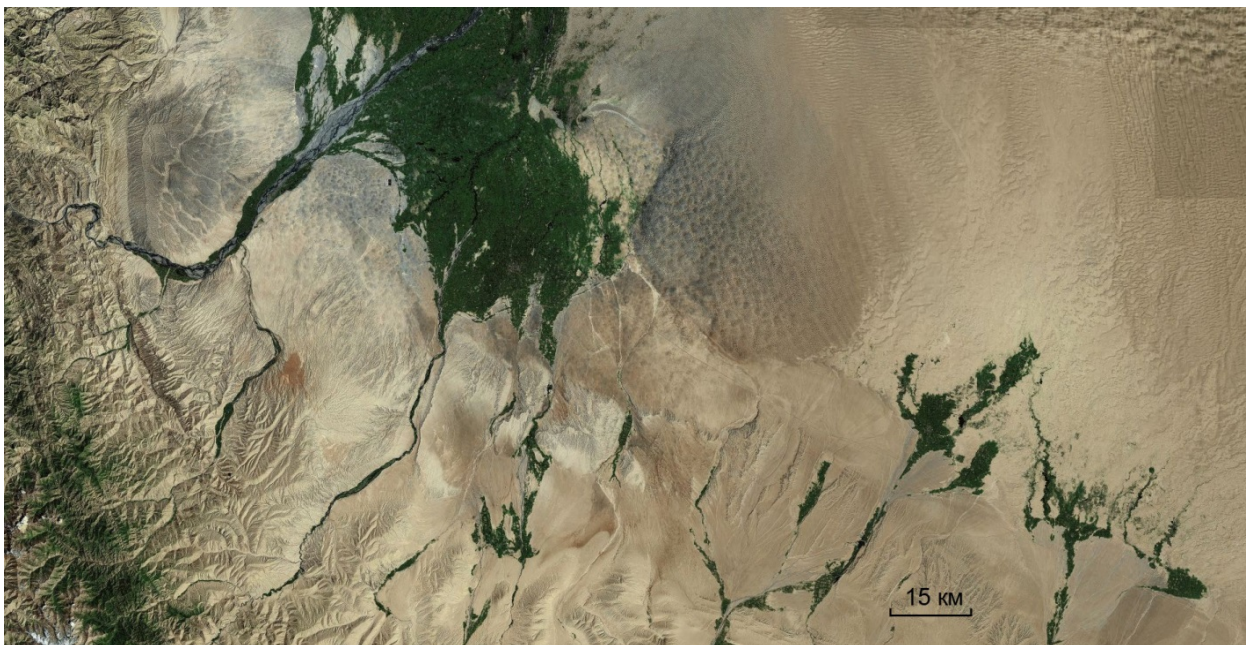


Рис. 3.19. Наиболее крупные наземные дельты (темно-зеленое) с северо-запада, на юго-восток по р. Каракаш, Хотэн и Керия. Спутниковый снимок Bing.

По-видимому, такая их позиция обусловлена региональными геоморфологическими ступенями, которые являются межблоковыми конседиментационными разломами. Значение блоковых конседиментационных движений в распространении разновозрастных наземных дельт показано в работе Н.П.Костенко [1955]. Они определяют либо наложение крупных конусов веерного аллювия, либо их соприкосновение, либо цепочечное расположение (рис. 3.20).

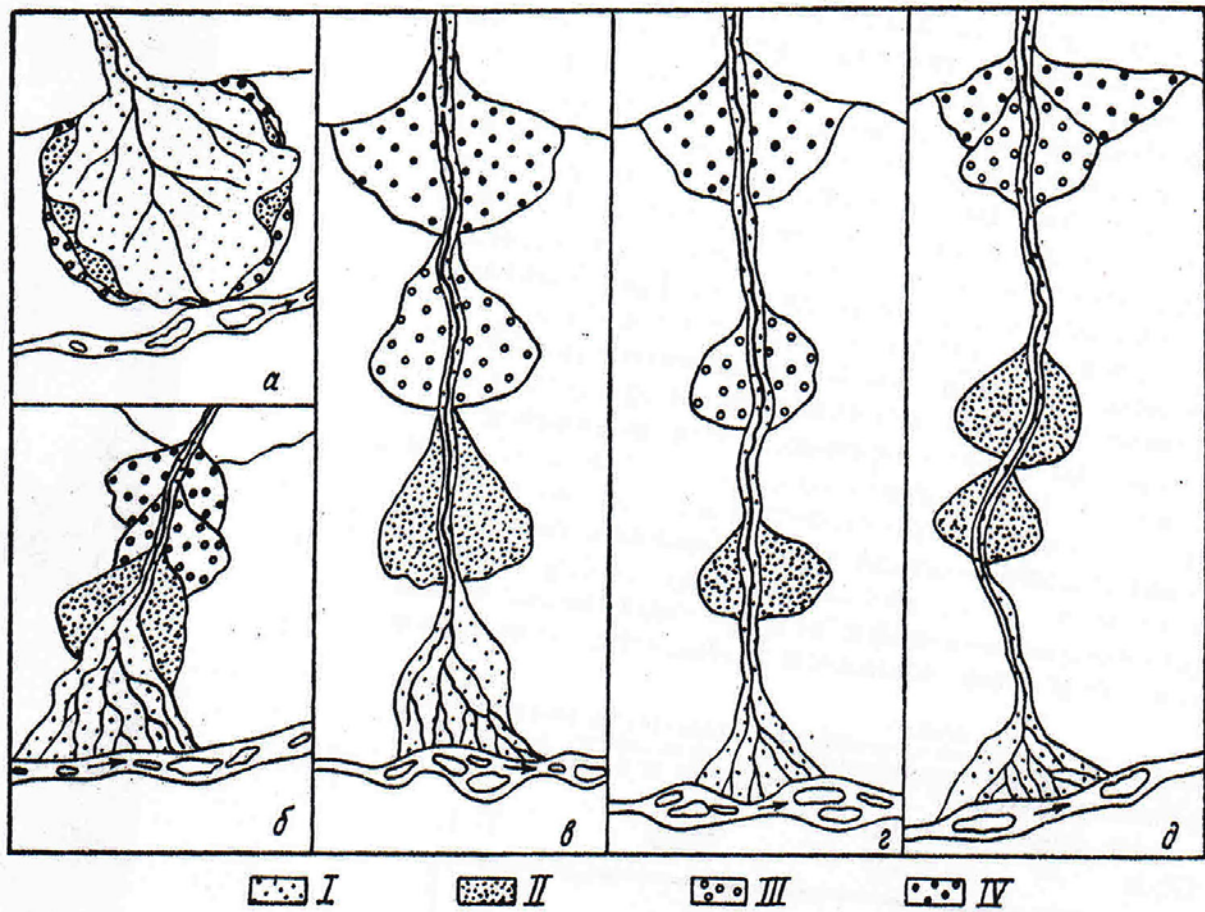


Рис. 3.21. Типы миграции серии разновозрастных дельт [Костенко, 1955]: а - полное наложение; б - частичное наложение; в - прислонение; г - раздельное изолированное расположение; д - сочетание различных типов миграции дельт. I - современные отложения; II, III и IV - соответствующие комплексы четвертичных отложений от молодых до древнечетвертичных.

Сами наземные дельты формируются в местах смены поднимающихся блоков на опускающиеся. В блоках с положительным тектоническим режимом донная эрозия преобладает над боковой. Вследствие этого,

происходит врезание русла с образованием линейной относительно узкой долины. В блоке с отрицательным режимом конседиментационных движений боковая эрозия преобладает, долина резко расширяется и формируются аллювиальные веера (alluvialfans).

В строении наземной дельты выделяется три конусообразных в плане фациальных зоны: вершинная часть, сложенная грубообломочными галечниками, гравийниками и крупнозернистыми песками; средняя часть в основном сложенная песчаными отложениями с примесью галек и гравия; краевая часть, представленная мелкозернистыми алевритами и глинистыми осадками [Елисеев, 1976, Игнатов и др., 1980, Курдюков, 1957, Попов и др., 1988, 1989, Хэллэм, 1983]. В краевой части преобладают озерные отложения в виде осадков пересыхающих засоленных, либо заболоченных водоемов. В вершинной и средней фациях наземных дельт широко распространены отложения грязекаменных потоков, которые формируются от редких в пустынных районах ливней, а в предгорьях от селей, связанных с катастрофическим таянием снегов или ливнями.

Такое строение наземных дельт предполагает возможность формирования галечных россыпей нефрита исключительно в их вершинной части. В этой связи совершенно закономерна позиция россыпей нефрита в районе городов Яркенд и Хотен, которые отрабатывались еще в конце XIX века. При этом отмечается, что в этих местах нефритовая галька добывалась с глубины в несколько метров, поскольку эти выработки аборигены впоследствии превратили в жилища [Богданович, 1892].

Вероятно, речь идет о древних галечниках, захороненных под чехлом мелкоземистых отложений. Также вполне вероятно, что перекрытие грубообломочных отложений мелкозернистыми осадками связано с миграцией наземных дельт. Напомним, что движение наземных дельт либо внутрь пустынной депрессии, либо к ее краю главным образом определяется изменением климатических условий [Попов и др., 1988]. При аридизации наземные дельты будут отступать от центра аридных регионов, при этом

грубообломочные отложения должны перекрываться мелкоземистыми. Вероятно, это и обусловило захоронение древнечетвертичных галечников в упомянутых участках г. Яркенд и, особенно, г. Хотен.

Примером, площади, где должны располагаться потенциальные аллювиально-пролювиальные (наземно-дельтовые) россыпи нефрита является конус выноса, локализованный на р. Тозгун (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Участок потенциальной погребенной аллювиально-пролювиальной (наземно-дельтовой) россыпи нефрита по р. Тозгун на юго-восточной окраине с. Инышбаши). Космический снимок Bing [].

На данном снимке показана лишь вершинная часть сухой дельты, где наиболее вероятны грубообломочные осадки. Характерно, что эта часть долины не заселена, что в не последней степени может быть связано с отсутствием алевритисто-глинистого субстрата для образования почв. Напомним, что р. Тозгун дренирует выделенную нами потенциальную нефритоносную зону № 3.

Другим примером вероятной позиции нефритовой россыпи в наземной дельте является участок на р. Керия у с. Нурлянгар (рис. 3.22). Этот конус выноса небольшой по размерам, однако он расположен на реке, верховья которой достигают нефритоносную зону № 6 с месторождением Люшей

(Люшитаг). Участок расположен в 15 км от предгорий и, скорее всего, галечные залежи здесь захоронены под чехлом песчано-алевритовых отложений.

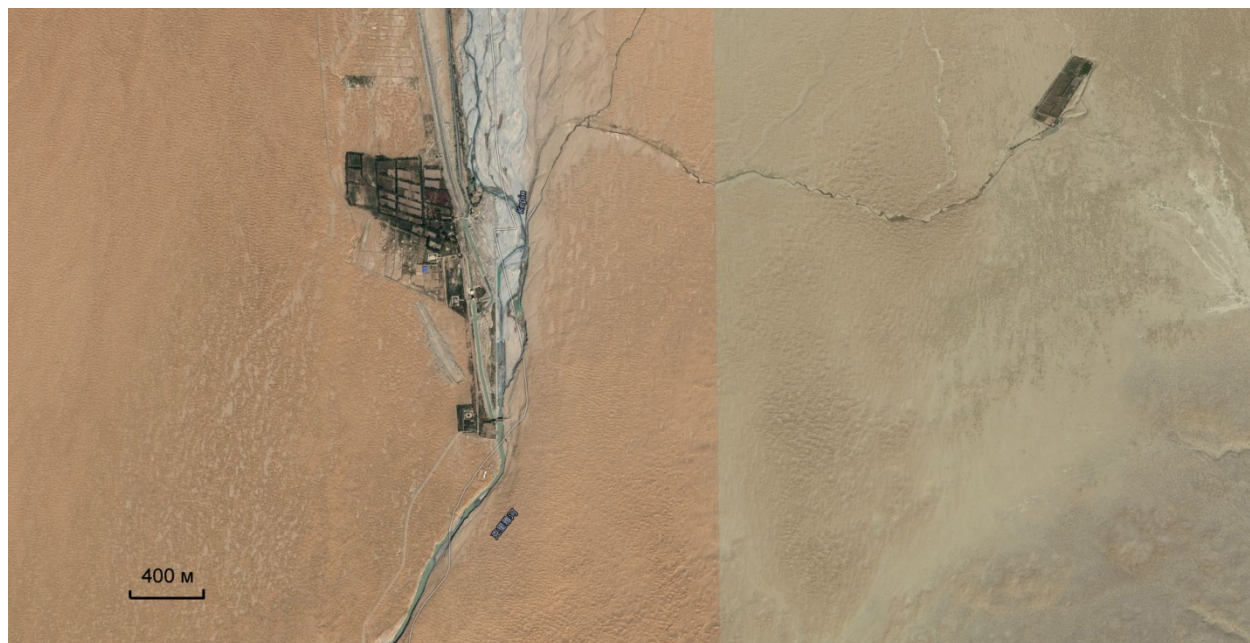


Рис. 3.22 Вероятное положение древней погребенной под неоген-четвертичными отложениями наземно-дельтовой россыпи нефрита по р. Керия у с. Нурлянгар (Nurlyangar), Космический снимок Bing [].

Следует напомнить, что в конце XIX века в долине р. Керия разрабатывались и россыпи золота [Богданович, 1892]. В этой связи на выделенном участке потенциальная наземно-дельтовая россыпь нефрита может содержать и тонкое золото.

3.3. Вопросы теории образования россыпей нефрита

Важным процессом образования россыпей нефрита следует считать морозное выветривание, которое широко распространено в горах Кунь-Луня. Именно морозобойные трещины являются основой отделения нефритовых глыб и менее крупных обломков. Значение ледового литогенеза в образовании россыпей отмечено в работах Н.А.Шило [Шило, 2000].

С мерзлотными условиями связано и образование курумных россыпей нефрита. Курумы относятся к особым склоновым делювиальным отложениям [Геологический словарь, 2011, Российская..., 2012]. Курумы представляют собой скопления глыб горных пород на склонах крутизной менее угла естественного откоса в условиях ледового климата [Российская..., 2012., Пашкин и др., 2011]. Выделяют курумы плащевидные ("каменные моря"), долинообразные "каменные потоки" и протяженные "каменные реки" [Экологическая..., 2010]. В основе их образования лежат процессы морозного выпучивания, происходящего во время промерзания и оттайки находящегося в них мелкозема, гравитационного сползания и скольжения глыб [Геологический словарь, 2011, Пашкин и др., 2011]. Курумы могут возвышаться над склонами или находится в углублениях. Область их преимущественного распространения - гольцовый пояс гор, но они могут спускаться и в пояс тайги [Геологический словарь, 2011]. Скорость перемещения обломков вниз по склону в курумах может достигать нескольких сантиметров в год [Экологическая..., 2010].

Образование нефритовых глыб, вероятнее всего, в курумных потоках и курумных долинах. При этом сепарация нефритовых глыб не происходит, однако они становятся более доступны для находок.

Ледниковые россыпи нефрита представлены глыбовыми разновидностями. Они могут формироваться в ледниковых языках, отходящих от горных ледников и распространяющихся в долины. Отторженцы горных массивов захватываются ледником, формируя моренные отложения. Глыбы нефрита вместе с ползущим льдом могут перемещаться на первые километры от коренных источников. Далее они, вероятнее всего, остаются на месте бывшей морены и очищаются от стаявшего льда. Такие глыбы могут достигать значительных размеров. Для нефритовых глыб и валунов основной механизм – селевые потоки, что не свойственно большинству других полезных компонентов россыпных месторождений.

Курумные, ледниковые и пролювиальные россыпи нефрита следует считать россыпями ближнего сноса. Основным механизмом их образования является остаточные процессы гравитационной сепарации относительно крупных глыб, валунов и угловато-округлых галек нефрита.

Аллювиальные и наземно-дельтовые россыпи нефрита имеют черты как россыпей ближнего, так и дальнего сноса. Главными механизмами формирования аллювиальных и наземно-дельтовых россыпей нефрита следует также считать гидравлическую сортировку в ламинарно-турбулентных речных потоках. Кроме того, в их образовании важное место занимает механизм очистки нефрита от примесей за счет соударений галек при их сальтации.

Известно, что на протяжении 15-25 км в сильном речном потоке получают угловато-округлые мелкие гальки кварца и кварцитов, а на протяжении 55-110 км - практически полностью округлые (рис. 3.23). Логично предположить, что вместе со сглаживанием острых углов обломков происходит и разбивание минеральных агрегатов, включая и сростки нефрита с окружающими его метасоматитами (альбититами, эпидозитами, роговиками и пр.). То есть на протяжении более 25 км от коренного источника в горной реке уже можно ожидать присутствие нефритовых галек, а на удалении более 60 км будут сохраняться только гальки нефритов хорошего качества. Надо иметь в виду, что крупные обломки нефрита в виде глыб и крупных галек должны достаточно быстро измельчаться. В литературе нет по этому вопросу экспериментальных данных. По наблюдениям в современных горных реках можно предположить, что это расстояние составляет первые десятки километров.

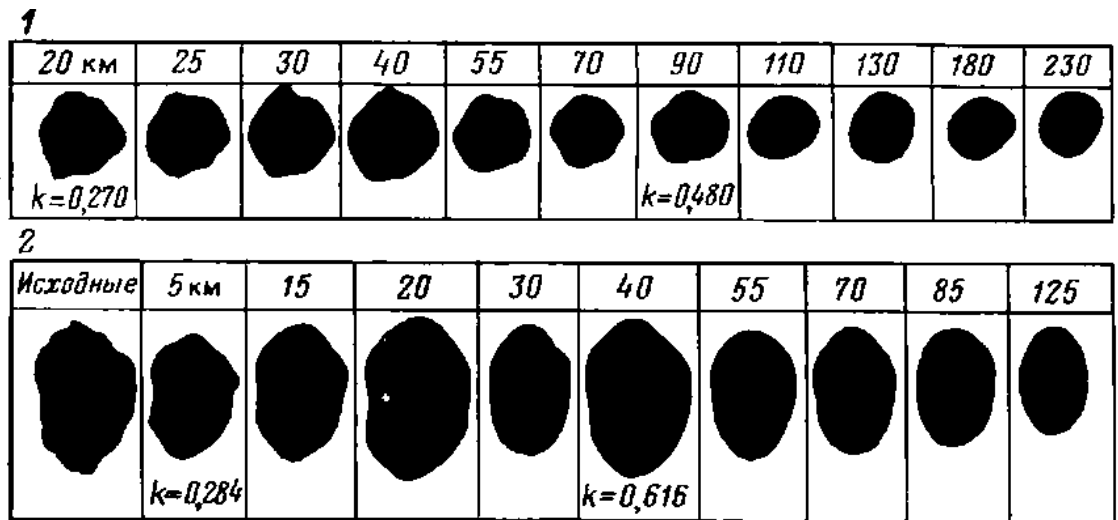


Рис. 3.23. Интенсивность окатанности обломков кварца и кварцитов в водном речном потоке с эволюция формы обломков размером 30—50 мм в зависимости от пройденного пути (по Н.П.Клесновицкому, Т.Г.Нестеровой, Н.В.Разумихину [Прошляков, Кузнецов, 1991]). 1 — галька кварцита, 2 — монокристаллический кварц.

Предельное расстояние транспортировки нефрита, при котором размеры его агрегатов позволяют их промышленное извлечение, оценивается в 150-200 км [Быховский и др., 1981, Словарь., 1985]. Следовательно, для практически всех указанных рек на большей части их долин могут формироваться промышленные россыпи нефрита.

Главным способом перемещения галечного материала в реках следует считать преимущественно ламинарный придонный поток. Это определяется, прежде всего, катастрофическим сильным режимом потоков в горных реках, который формируется за счет быстрого таяния льда и снега в горах. Такие потоки надо считать катастрофическими близкими к селевым, когда скорости потоков очень мало изменяются от его основания к верху. Они быстро затухают во время межени. Для теоретического объяснения такого рода механизма лучше всего подходит гипотеза активного слоя Ю.А.Билибина [Билибин, 1938, 1963]. Он наблюдал ламинарные потоки галек в придонном слое воды в руслах горных рек.

Механизмом, ответственным за очищение мономинеральных нефритовых образований от контактирующих с ним минеральных агрегатов

следует считать их соударения. В горных реках соударения валунов и галек главным образом происходят в эрозионных ваннах при резких на расстоянии метров перепадах продольных сечений, измеряемых метрами – десятками метров. В этих местах образуются водопады, а в их основании – эрозионные ванны разных размеров.

Помимо этого, соударения галек происходят в результате их сальтации за счет вихревых потоков, возникающих над придонным слоем быстро текущей в реке воды [Лидер, 1986, Шило, 2000]. Обогащение галечных залежей нефритом, вероятно, должно происходить в результате механизма гравитационной просадки, как и для золотых россыпей, которое предполагал Ю.А.Билибин [1963]. Этот механизм формирования остаточных концентраций россыпных минералов получил название гравитационно-диффузного [Шумилов, 1981] В основе такой сепарации лежит существенная разница в плотности минералов и пород. (табл. 3.2).

Таблица 3.2.

Плотность некоторых пород и минералов, которые могли участвовать в гидродинамической сепарации в реках центрального Кунь-Луна [Бетехтин, 2008, Справочник, 1969, Штрюмбель, Циммер, 1987]

<i>Порода, минерал</i>	<i>Средние значения</i>	<i>Конкретные значения или их интервалы</i>
Гранит	2,667	
Гранодиорит	2,716	
Диорит	2,839	
Габбро	2,976	
Дунит	3,277	
Серпентин	2,6	2,5-2,7
Мрамор		2,75
Известняк		2,72
Кальцит	2,7	2,6 - 2,8
Доломит	2,9	2,85-3,02
Альбит (альбитит)	2,63	
Хлорит-серицитовый сланец	2,82	
Нефрит	3,0	
Жадеит	3,24-3,42	
Кварц	2,65	

Дополнительным механизмом просадки более тяжелых галек ультрабазитов, нефрита и жадеита, по-видимому, следует считать их продвижение вниз за счет вибрации, которая получается в результате землетрясений. Регион Кунь-Луня принадлежит альпийской складчатости, где имеет место высокая сейсмичность.

Анализ распределения плотностей пород и минералов, которые наиболее вероятны в составе твердого стока рек центрального Кунь-Луня, показывает, что нефрит и жадеит по плотности близки к горным породам основного и ультраосновного состава, доломиту и немного превосходят кислые интрузивные и осадочно-метаморфогенные породы, а также серпентин, кварц и кальцит. Следовательно, также как и в абсолютном большинстве других россыпей, нефритом должны быть обогащены нижние базальные части разрезов валунно-галечных и гравийно-галечных залежей.

3.4. Поисковый потенциал выделенных типов россыпей нефрита

Делювиальные россыпи нефрита находятся в трудно доступных горах и в связи с этим имеют остаточный поисковый потенциал. Относительно более доступны ледниковые россыпи нефрита, связанные с моренными отложениями горных ледников, которые широко распространены в регионе. Ресурсы этого типа месторождений, по-видимому, в основном выработаны, поскольку моренные отложения заполняют трюги в горах, которые имеют выходы в долины рек. Также как наиболее доступные должны быть по большей части освоены месторождения пролювиальных и аллювиальных россыпей нефрита. Потенциал этих генетических типов россыпей нефрита должен быть по большей части истощен в связи с длительным их освоением на протяжении многих веков.

Наибольшими остаточными перспективами в рассматриваемом районе обладают наземно-дельтовые россыпи нефрита. Это обусловлено главным образом перекрытием продуктивных галечников относительно мощными

торфами. Если мощность торфов превышает 5-7 м, то это делает практически 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, как указано выше, имеет лучшие декоративные качества.

3.5. О методах поисков и возможного освоения погребенных россыпей нефрита

Для поисков погребенных и древних россыпей нефрита, связанных с отложениями наземных дельт, следует использовать известные методические подходы, которые применяются при прогнозировании и поисках таких же генетических типов месторождений золота, платины, алмазов, вольфрамита, касситерита и других промышленных минералов россыпей [Методические..., 2007, Патык-Кара, 1980, Патык-Кара и др., 1997, Словарь..., 1985, Шило, 2000 и др.].

Однако, необходимо учитывать и специфику формирования глыбового, валунного и галечного материала, с которым связаны россыпи ювелирных и поделочных камней [Киевленко, 1983, 2001, Критерии..., 1976, Колбанцев, Конников, 1986 и др.]. При этом целесообразно творчески развивать имеющиеся представления о закономерностях формирования континентальных терригенных отложений [Лидер, 1986, Хэллем, 1983, Шанцер, 1966 и др.].

В обоснование поисковых работ надо выделить существенные поисковые предпосылки и признаки погребенных валунно-галечных и галечных залежей, содержащих нефрит:

- залежи могут иметь небольшую глубину залегания от 5-7 м до первых десятков метров;

- тела россыпей должны быть обогащены относительно тяжелыми серпентинизированными габбро, перидотитами и дунитами и перерыты заметно менее плотными песками и алевроитами;

- залежи галек и валунов с нефритом, могут иметь повышенную магнитную восприимчивость, поскольку в них концентрируются ультрабазиты, как правило содержащие магнетит;

- весть разрез 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 тела, от которых могут ответвляться рукава;

- в разрезе вниз по простирацию палеорусел галечниковые залежи достаточно резко должны расщепляться и фациально замещаться песками;

- галечные залежи должны контролироваться поперечными крутопадающими межблоковыми тектоническими нарушениями конседиментационного типа;

- . тела наземных дельт, включающие галечники могут иметь выражение в современном рельефе⁴

- в некоторых потенциально нефритоносных отложениях может быть попутное россыпное золото..

Перечисленные предпосылки и признаки определяют оптимальный комплекс поисковых методов. Он включает:

- литолого-фациальный и историко-геологический анализ неоген-четвертичных отложений с палеогеографическими реконструкциями и выделением закономерностей образования и развития наземных дельт;

- специальное структурно-геоморфологическое дешифрирование детальных космических снимков, включая спектрозональные, и аэрофото с целью установления закономерностей расположения современных и древних

наземных дельт и разноранговых конседиментационных блоковых структур неоген-четвертичного возраста;

- проведение аэроэлектроразведочных работ, желательно в комплексе с аэромагнитной и аэрогамма-спектрометрической съемкой для обнаружения участков обводненности и повышенной магнитной восприимчивости;

- масштаб аэроработ должен быть 1:25 000 - 1:10 000 и крупнее, чтобы установить детали состава и строения наземных дельт, глубинность таких работ с использованием современной аппаратуры достигает 200 м;

- после обнаружения аномалий и локализации площадей целесообразно воспользоваться методами радиоволнового просвечивания приповерхностных рыхлых образований, с применением которых можно определить не только галечники, но и отдельные глыбы плотных пород на глубинах до 20-30 м;

- на финишной стадии поисковых работ для промышленной оценки нефритоносных галечниковых залежей необходимо бурить скважины относительно большого диаметра (более 130 мм) колонкового или ударно-канатного типа и осуществлять опробование на нефрит и попутные полезные компоненты, в частности, золото.

Для освоения глубоко залегающих перекрытых и захороненных россыпей нефрита целесообразно использовать метод скважинной гидродобычи (СГД) [Бабичев, Николаев, 1995, Калибаба, 1995]. Имеется ряд оснований для использования такого способа освоения месторождений.

Во-первых, нефритовые россыпи представляют собой рыхлый несцементированный материал, который можно поднимать искусственными центростремительными потоками пульпы, двигающимися по скважинам большого диаметра.

Во-вторых, после подъема галек, вместе с песком и гравием и ручной выборки нефритовых, а возможно и сопутствующих жадеитовых галек, остальной материал спускается обратно в недра, для поддержания горного давления.

В-третьих, полигоны СГД можно распространять небольшими по площади секциями, которые занимают весьма малые размеры в сотни квадратных метров. При этом техногенные нарушения поверхности минимальные. Они быстро и легко рекультивируются. Следовательно, существенного нарушения используемых ценных в оазисах сельских земель не предвидится. Если месторождения или их части будут обнаружены в пустынях, то вопрос использования земель решается еще проще.

В-четвертых, заметные потери полезного компонента, которые неизбежны при способе СГД, в экономическом отношении не так принципиальны, поскольку нефрит все-таки является не таким дорогостоящим минералом, как, алмаз, изумруд или минералы золота, платиноидов, олова, вольфрама и редких металлов.

В пятых, предполагается относительно небольшая, до первых десятков метров, глубина залегания галечников, на которой применение СГД особенно эффективно.

Осложняющими обстоятельствами для использования СГД для разработки глубоко погребенных россыпей нефрита следует считать два. Во-первых, это значительные энергозатраты для работы специальных буровых установок и насосов. Во-вторых, это необходимость значительного количества технической воды для работы агрегатов. При этом вероятность в конусах выноса больших ресурсов солоноватых, да и пресных подземных вод достаточно высокая. Об этом сказано выше. Следовательно, остается один существенный фактор – дороговизна энергии. Безусловно необходимо учесть и затраты на приобретение или лизинг специального горного оборудования для СГД.

Все отмеченные позитивные и негативные условия использования СГД требуют строгого экономического расчета при составлении бизнес плана. Однако, в качестве бизнес идеи такой подход вполне может существовать.

Изложенный в данной главе материал служит основанием для

доказательства второго защищаемого положения диссертации *«В Центральном Кунь-Луне и прилегающих районах Таримской депрессии распространены курумные, моренные, пролювиальные, аллювиальные и наземно-дельтовые типы россыпей нефрита, имеющие различный поисковый потенциал»*.

Глава 4. О фальсификации изделий из нефрита Китая

4.1. О возможных фальсификациях нефрита

Актуальность определения минерального состава изделий, называемых нефритовыми, определяется большим количеством его фальсификаций. Нефрит является традиционным поделочным камнем. Изделия из него и жадеита пользуются большим спросом на рынках Китая и других стран юго-восточной Азии, поскольку нефрит и жадеит считаются священными камнями [Хроленко, 2008, Цветков, Хэн, 2015]. Естественно, если амулеты выполнены из серпентина, кальцита, кварца или других минералов, то цена их должна быть существенно ниже.

Нефритом считается плотная вязкая актинолитовая или тремолитовая мономинеральная порода со скрыто-кристаллической 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].

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. Значит можно

предположить наличие ложных фальсифицированных под нефрит изделий.

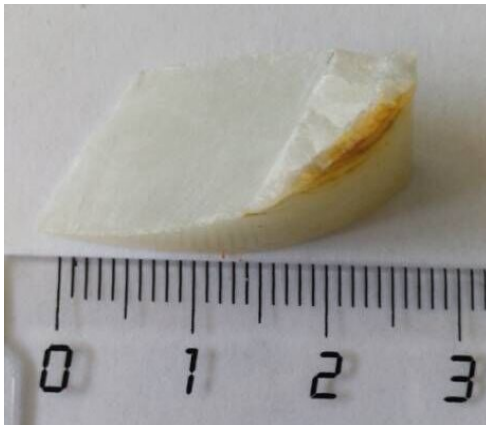
4.2 Анализ минерального состава изделий из нефрита и его фальсификаций

Для проверки степени фальсификации изделий из нефрита проведен минералогический анализ авторской коллекции. Фактическим материалом для диагностики послужили 22 образца, названных нефритовыми. Все они приобретены автором в Китае. Среди них были полупрозрачные разновидности белого, темного и светлого зеленого цветов, а также черные непрозрачные образцы. Один образец был приобретен в Мьянме и представлен жадеитом.

По макроскопическим признакам (блеск, вес, прозрачность, излом, теплота в руках, следы обработки) строго диагностировать нефрит практически невозможно. По принятым в геммологии методам определения физических параметров при использовании рефрактометра, полярископа, Челси-фильтров, анализатора флуоресценции и др. во многих случаях можно уверенно диагностировать минеральный состав изделий. Однако, более точные данные дают прецизионные методы дифрактометрии.

Исследования проведены 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 образцов разного цвета представлены нефритом (рис.. 4.1).



Обр. N1



Обр. N1a



Обр. N1б



Обр. N1в



Обр. N2



Обр. N3



Обр. N4



Обр. N5



Обр. N6



Обр. N7

Рис. 4.1. Изделия из белого, зеленого и черного нефрита и исходные образцы сырого нефрита.

Ниже приведены дифрактограммы образцов нефрита с характерными рефлексамии актинолита и тремолита (4.2 – 4.9).

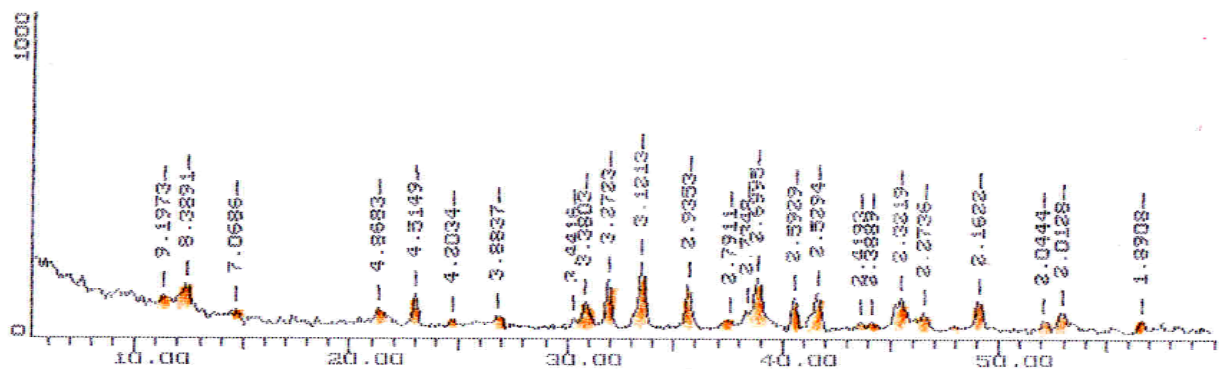


Рис. 4.2. Дифрактограмма образца № 1 нефрита.

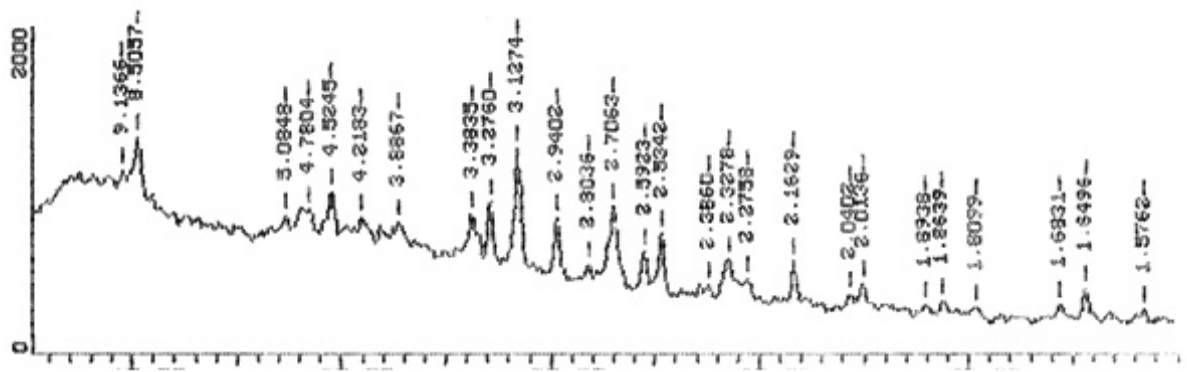


Рис. 4.3. Дифрактограмма образца № 1а нефрита.

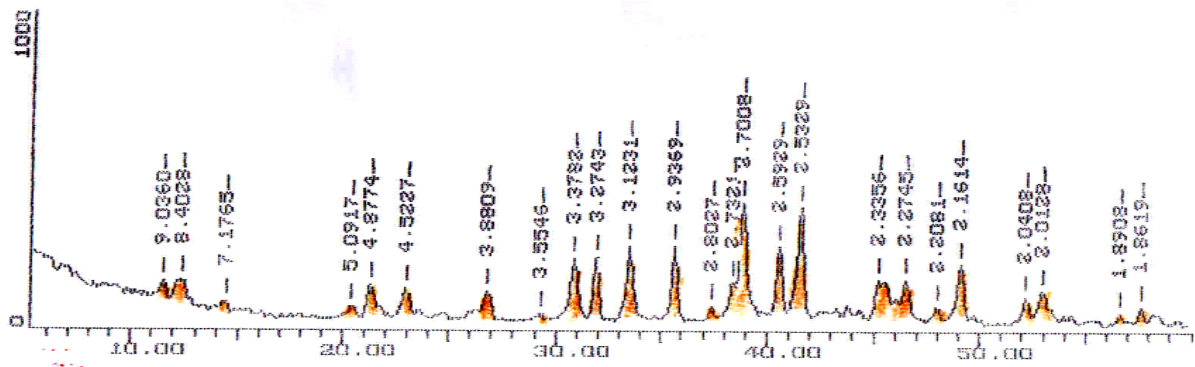


Рис. 4.4. Дифрактограмма образца № 1б нефрита.

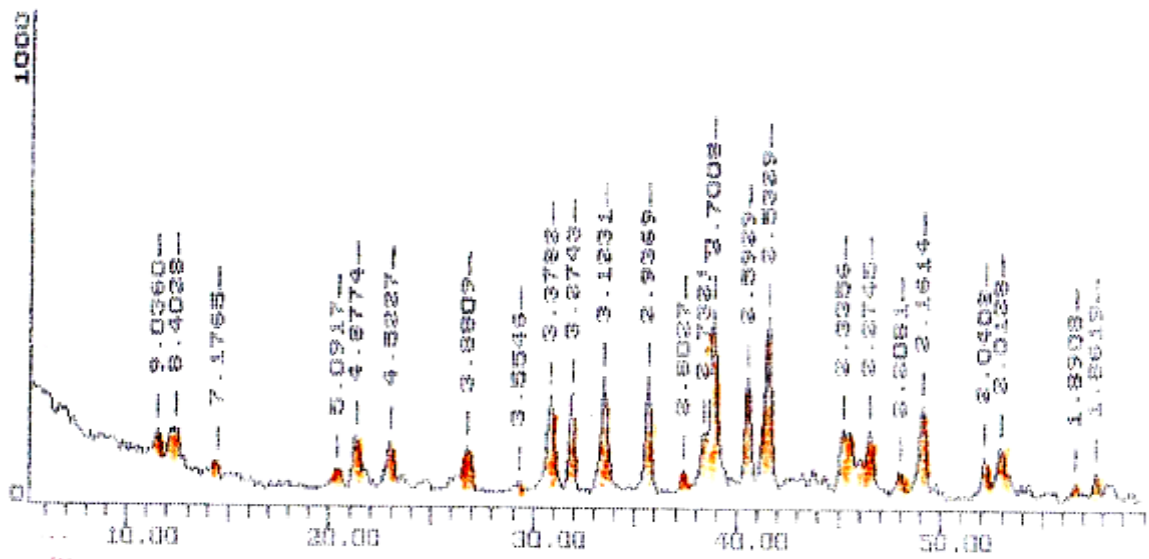


Рис. 4.5. Дифрактограмма образца № 1в нефрита.

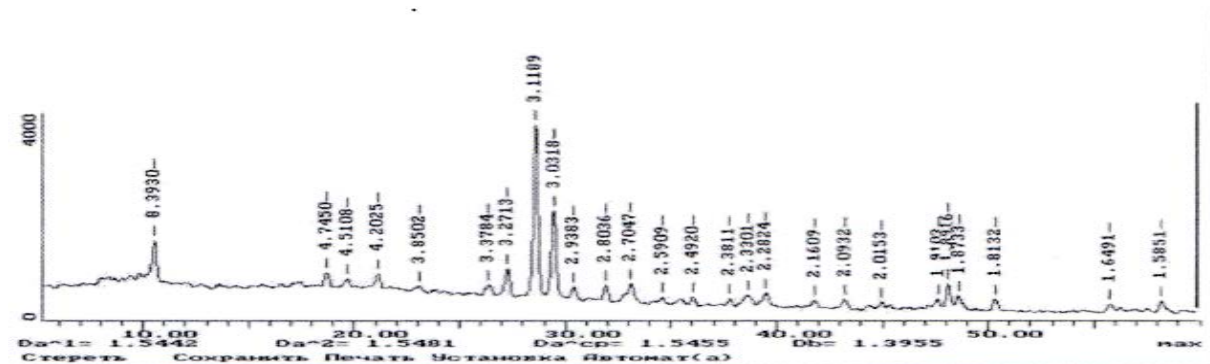


Рис. 4.6. Дифрактограмма образца № 3 нефрита.

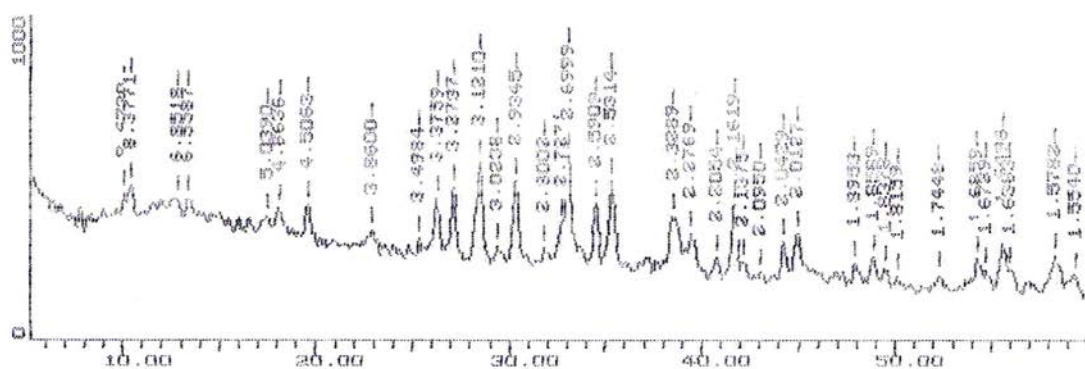


Рис. 4.7. Дифрактограмма образца № 4 нефрита.

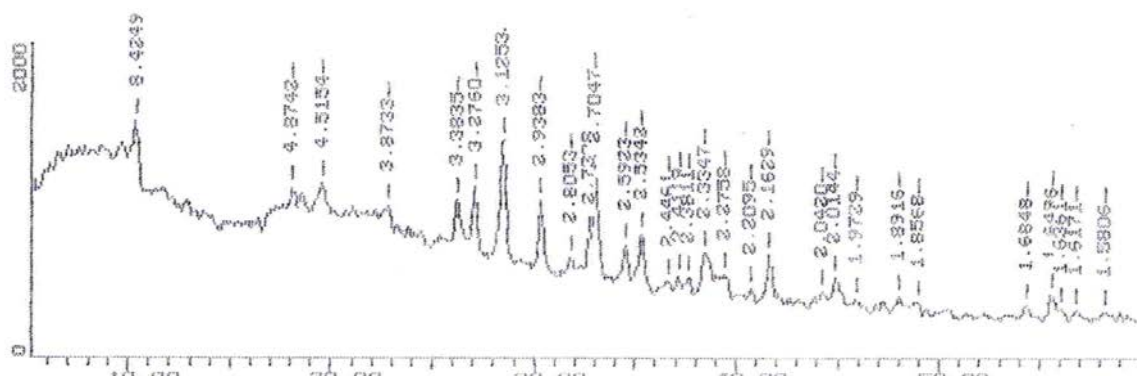
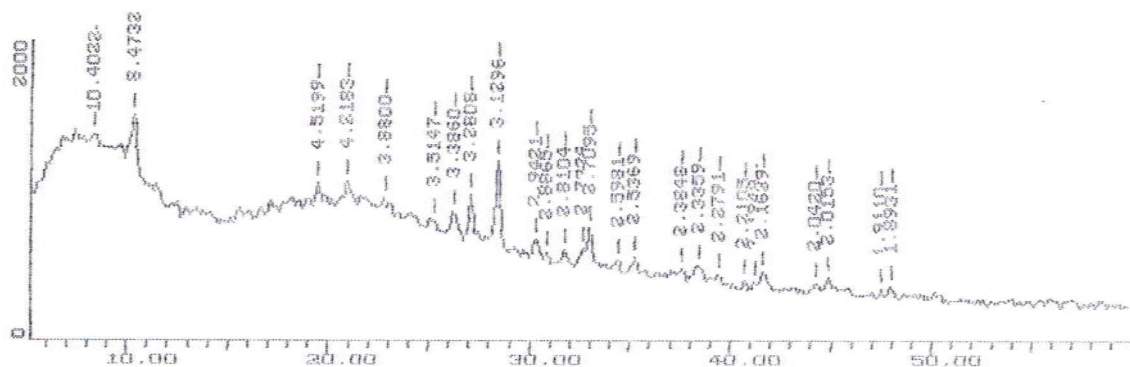


Рис. 4.8. Дифрактограмма образца № 5 нефрита.



1 - фото при объективе $2,5^{\times}$. Волокнисто-игольчатые агрегаты с элементами директивной структуры в двух направлениях и вихреподобного строения. 2- то же с объективом $10^{\times}$, 3- то же с объективом $20^{\times}$. Николи +

По данным рентгено-структурного анализа в этом образце, кроме актинолита, определен тремолит (рис. 4.11).

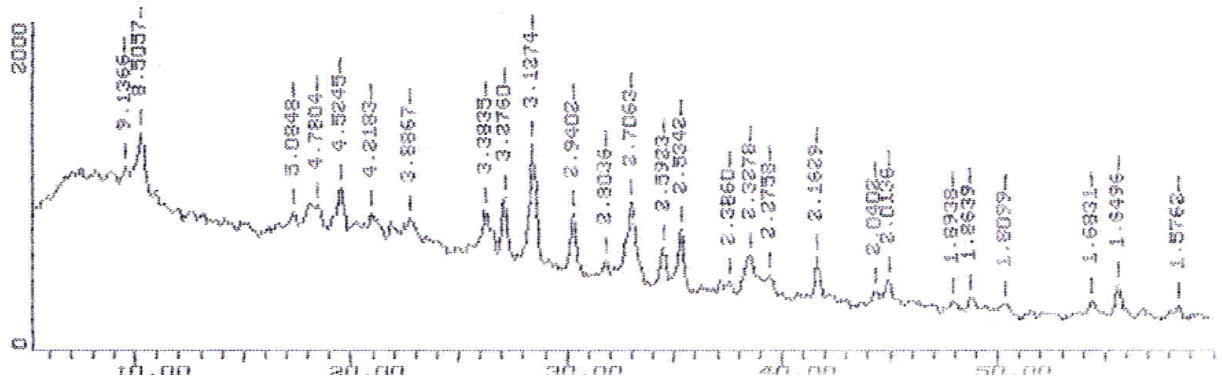


Рис. 4.11. Дифрактограмма нефрита образца № 2 с характерными рефлексами актинолита и тремолита.

В шлифе из образца черно-серого (черного) нефрита обр. № 7 определен актинолит и редкие зерна пирита. Здесь также отмечена спутано-волоконистая структура агрегатов актинолита. Черный цвет нефриту, очевидно, придает примесь пирита, хотя в других случаях черный цвет нефрита связывали с примесью графита [Колесник, 1983]. Результаты дифрактометрии подтверждают петрографические исследования (рис. 4.12).

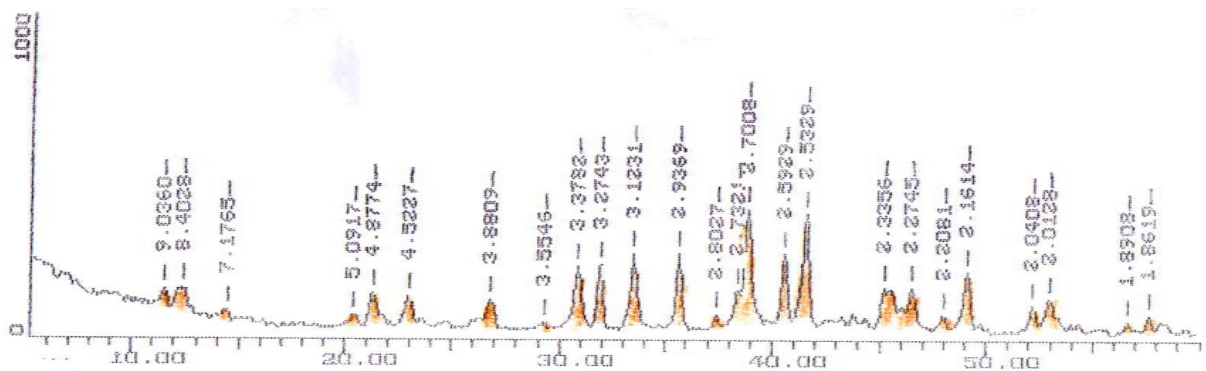


Рис. 4.12. Дифрактограмма образца №.7 нефрита с рефлексами актинолита и пирита.

По дифрактометрии образца № 3 белого нефрита определен лишь тремолит. В шлифе видно, что крупно- и мелкозернистые тремолитовые

агрегаты слагают не только спутано-волокнустую, но и трахитовую структуры (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Микрофото шлифа образца № 3 белого нефрита директивной структурой. Объектив 20^x. Николи +

Определения элементного состава в показанных образцах нефрита проведены рентге-флюоресцентным методом на приборе РЕСПЕКТ в лаборатории МГРИ-РГГРУ (аналитик к. т. н. М.Ю.Гурвич). По ним в образцах № 2 и 3 зеленого нефрита содержания кальция преобладают над содержаниями железа, имеется примесь марганца, стронция и цинка [Хэн, 2012].

Серия образцов и изделий зеленого и черного цветов оказалась выполнена из серпентина (рис. 4.14).



Обр. № 8



Обр. № 9



Обр. № 10



Обр. № 11



Обр. № 12



Обр. № 13



Обр. № 14

Обр. № 15



Обр. № 16

Рис. 4.14. Изделия и образцы черного и светло-зеленого серпентина, фальсифицированные под нефритовые.

Характерные дифрактограммы приведены ниже (рис. 4.15-4.22).

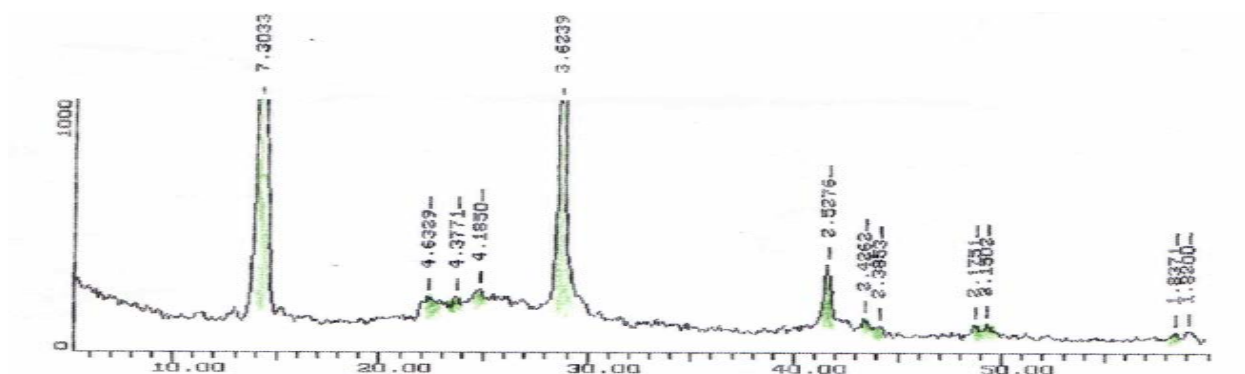


Рис. 4.15. Дифрактограмма серпентина образца. №.8 черно-зеленого цвета.

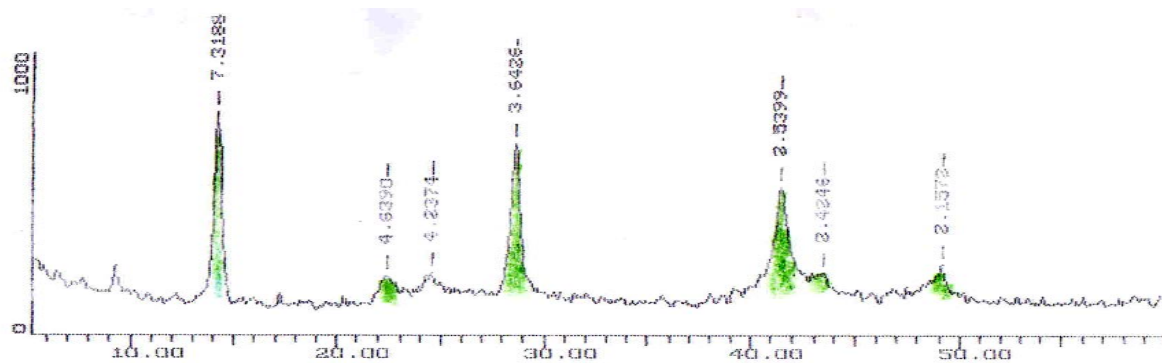


Рис. 4.16. Дифрактограмма серпентина образца №9 черно-зеленого цвета.

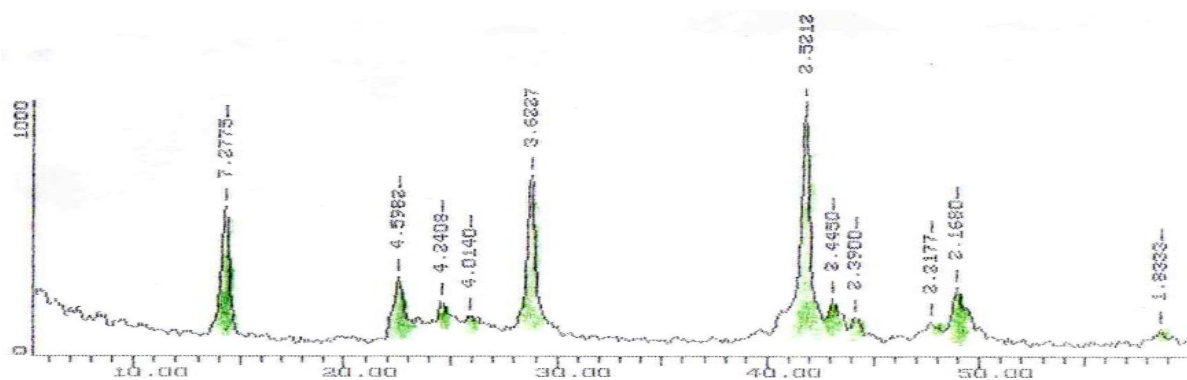


Рис. 4.17. Дифрактограмма серпентина образца № 10 зеленого цвета.

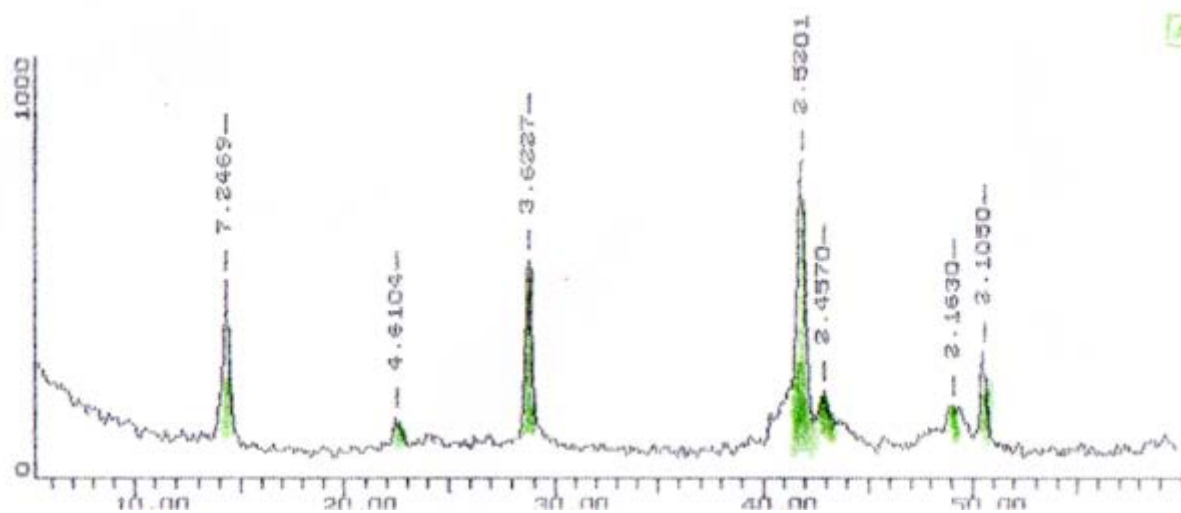


Рис. 4.18. Дифрактограмма серпентина образца № 11 зеленого цвета.

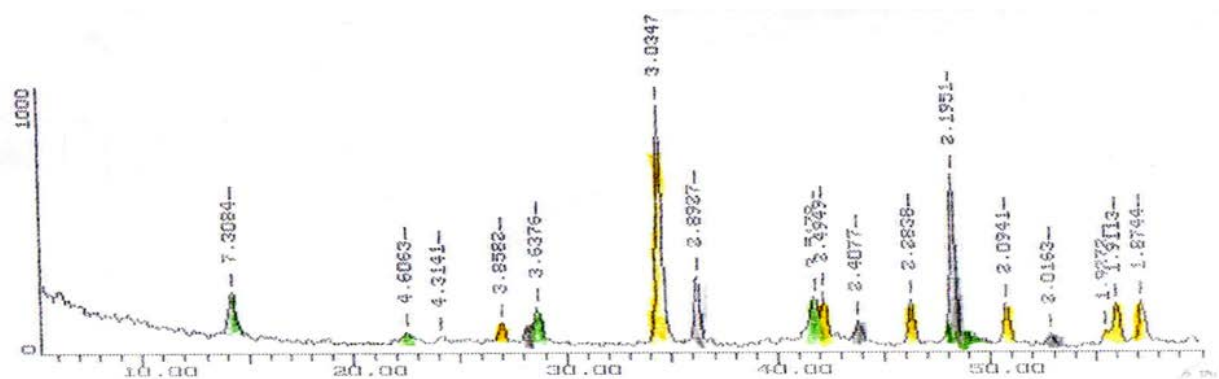


Рис. 4.19. Дифрактограмма серпентина образца № 12 грязно-зеленого цвета.

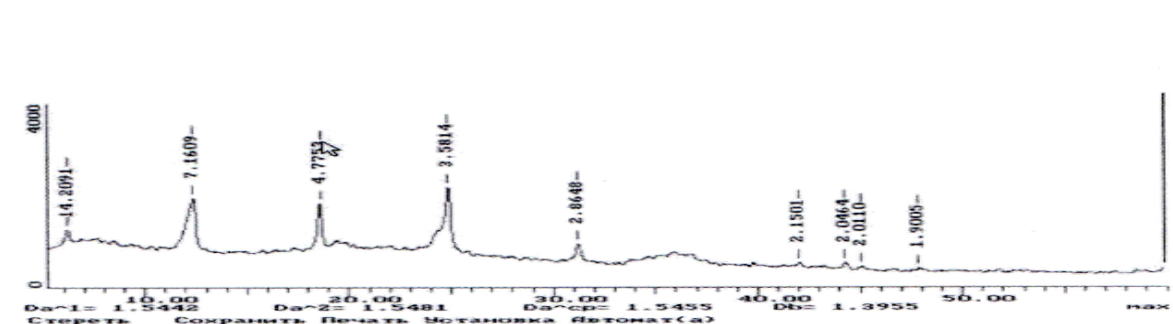


Рис. 4.20. Дифрактограмма серпентина образцов № 13 зеленого с желтым цветом.

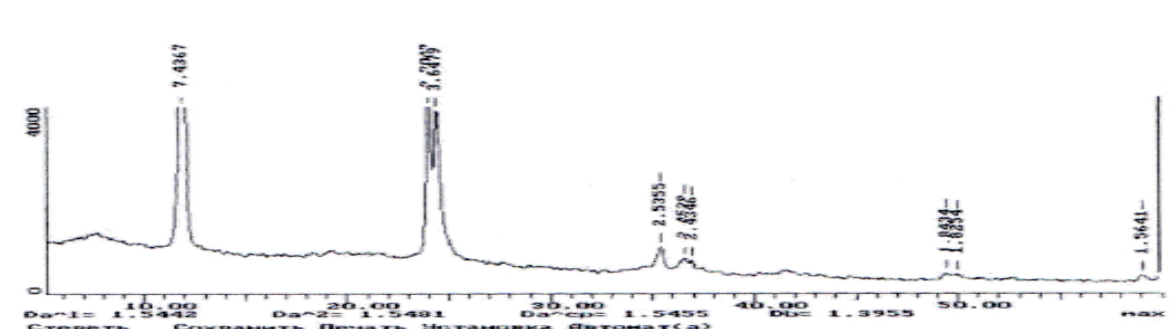


Рис. 4.21. Дифрактограмма серпентина образца № 14 светло-зеленого цвета.

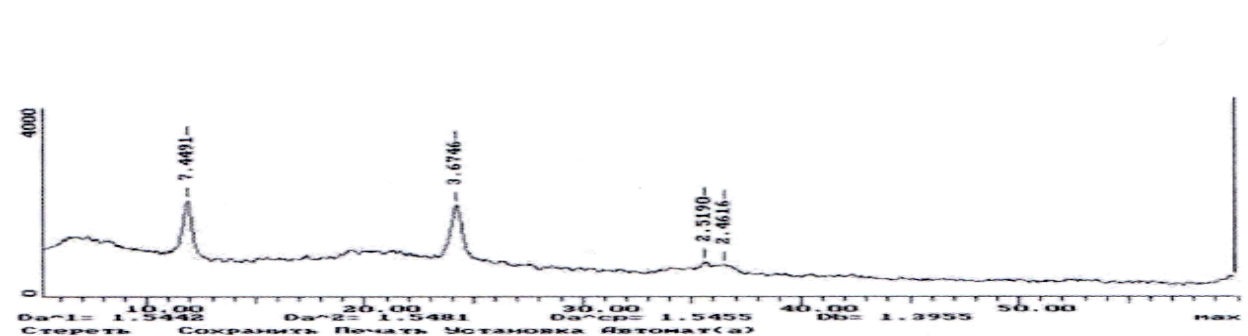


Рис. 4.22. Дифрактограмма серпентина образца № 15 зеленовато-белого цвета.

Два изделия черно-зеленого цвета, купленные как нефритовые, по данным рентгено-структурного анализа оказались кварцевыми (рис. 4.23, 4.24).



Обр. N17

Обр. N18

Рис. 4.23 Изделия, выполненные из чёрного кварца, фальсифицированные под нефрит

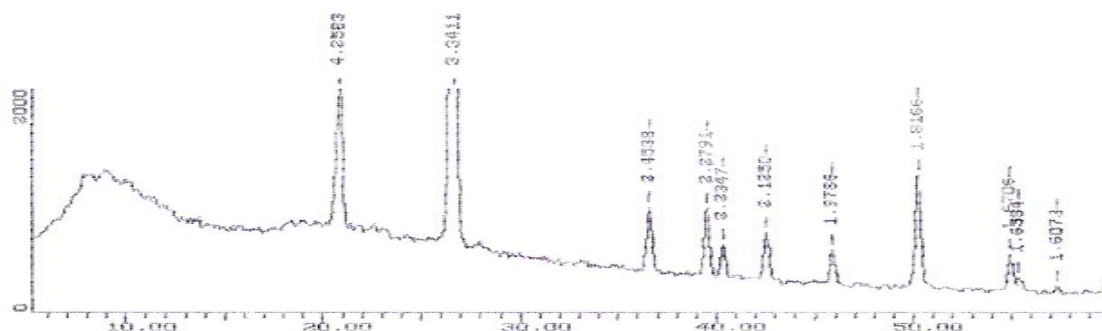


Рис. 4.24. Дифрактограмма образца N.17 чёрного кварца, фальсифицированного под нефрит.

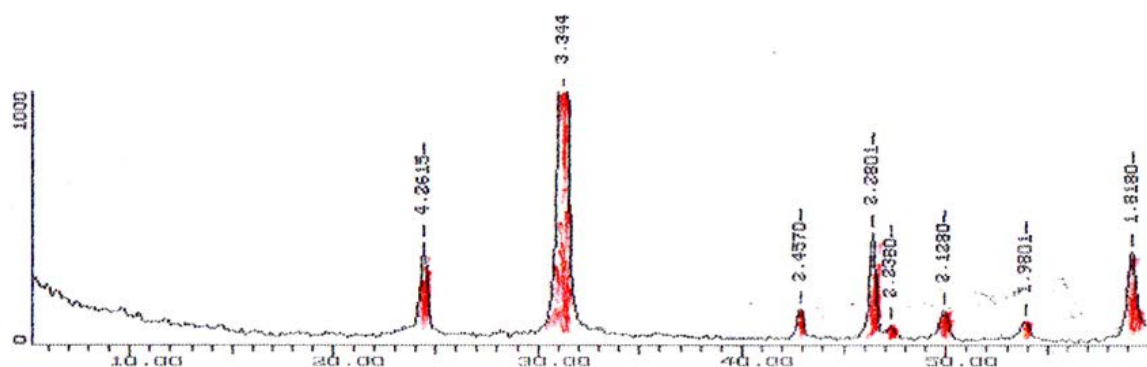


Рис. 4.25. Дифрактограмма образца N.18 чёрного кварца фальсифицированного под нефрит.

Данные рентгено-флюоресцентного анализа показали значительные концентрации железа, закономерную для ультрабазитов примесь хрома, марганца и никеля.

Четыре горошинки разных оттенков зеленого цвета оказались сделаны из жадеита (рис. 4.26).



Обр.19 (4 разновидности)

Рис. 4.26. Изделия коричневого и разных тонов зеленого цвета, выполненные из жадеита купленные в качестве нефритовых.

Жадеит определен рентгеноструктурным анализом (рис. 4.27, 4.28)

Chromatogram of the sample showing peaks at retention times: 4.333, 4.394, 3.547, 3.254, 3.106, 2.923, 2.833, 2.424, 2.322, 2.152, 2.107, 2.073, 1.866, 1.856, 1.814, 1.842, 1.810.

Для относительно крупного изделия «куриное яйцо» белого цвета исходным материалом оказался кальцит из образца мрамора (рис. 4.29).



Обр.N20

Рис. 4.29. Изделие из белого кальцита (мрамора), фальсифицированное под нефритовое. Натуральная величина.

Дифрактограмма пробы из данного образца типична для кальцита (рис. 4.30).

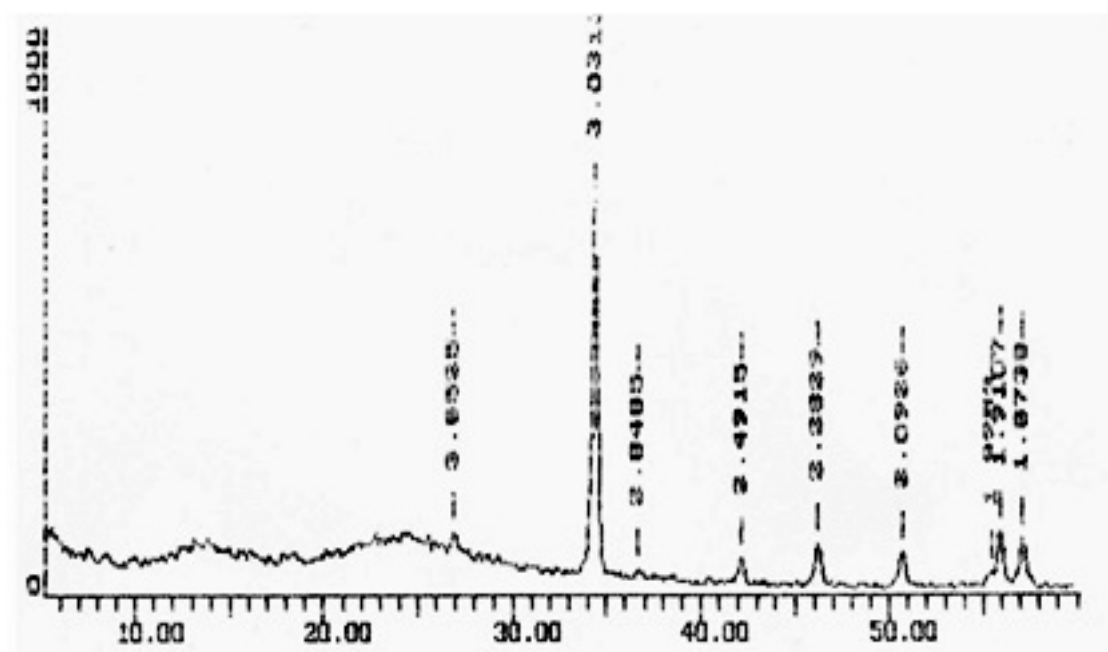


Рис. 4.30. Дифрактограмма образца кальцита, фальсифицированного под нефрит

Часть образцов была проанализирована другими методами

После изучения четырех образцов под биноклем установлены следы искусственного окрашивания двух образцов. После визуальных наблюдений с помощью рефрактометра был измерен показатель преломления.

Использовался рефрактометр РГ-1 и иммерсионная жидкость Rainer с показателем преломления $n=1,79$. Для более точного определения n все образцы были полированы для получения плоской грани. Плотность определена гидростатическим методом. Результаты определений приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Диагностические свойства исследованных образцов

<i>Название</i>	<i>Цвет</i>	<i>Твёрдость по Моосу</i>	<i>Показатель преломления</i>	<i>Плотность г/см³</i>	<i>Другие свойства</i>
Нефрит	Белый, тёмно-зелёный, чёрный	6,0	$N_g = 1,624$, $N_m = 1,613$, $N_p = 1,599$	2,8 -3,1	Непрозрачный, жирный блеск, часто имеет черные пятна.
Жадеит	Тёмно-зелёный	6.5 - 7	$N_g = 1,652$ - $1,667$; $N_m =$ $1,645$ - $1,659$; $N_p =$ $1,640$ - $1,654$	3.35	Разнообразная структура зернистая, не волокнистая, прозрачный или полупрозрачный, высокое преломление.
Чёрный кварц	Чёрный	7	$N_o = 1,544$ $N_e = 1,553$	2,6 – 2,65	Полупрозрачный, крупнозернистый, размер зёрна более чем нефрита, хорошо видны зёрна под микроскопом.
Кальцит (мрамор)	Белый	3	$N_o = 1.6584$ $N_e = 1.4864$	2,6	Непрозрачный, крупнозернистый.
Серпентин	Белый, светло-зелёный, чёрный	4,5	1,52 – 1,57	2,58 – 2,62	Полупрозрачный, стеклянный или жирный блеск.

Как видно из приведенных данных, по показателю преломления нефрит и кальцитовый мрамор отличаются не значительно. Серпентин существенно различается от нефрита по плотности, что, связано с параметрами кристаллической решетки и структурой минеральных агрегатов. По плотности, показателю преломления и визуальным наблюдениям один из образцов серпентина был похож на халцедон.

Результаты прецизионных определений минерального состава образцов сырья и изделий из «нефрита» приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Результаты диагностики сырья для нефритовых изделий

№ № пп	№ образца	Цвет и прозрачность	Данные дифрактометрии	Место приобретени я
1	1	Белый, прозрачный	Нефрит	Хотан
2	1а	Белый, не прозрачный	Нефрит	Хотан
3	1б	Белый, не прозрачный	Нефрит	Хотан
4	1в	Белый, не прозрачный	Нефрит	Хотан
5	2	Тёмно-зелёный, не прозрачный	Нефрит	Хотан
6	3	Белый, не прозрачный	Нефрит	Чинхан
7	4	Белый, не прозрачный	Нефрит	Хотан
8	5	Тёмный зелёный, не прозрачный	Нефрит	Чинхан
9	6	Бело-желтый, не прозрачный	Нефрит	Хотан
10	7	Чёрный, не прозрачный	Нефрит	Чинхан
11	8	Тёмно-зелёный, не прозрачный	Серпентин	Чинхан
12	9	Тёмно-чёрный, не прозрачный	Серпентин	Чинхан
13	10	Зелёный и тёмно-зелёный, не прозрачный	Серпентин	Хотан
14	11	Светло-зелёный, полупрозрачный	Серпентин	Чинхан
15	12	Зелёный и тёмно-зелёный, не прозрачный	Серпентин	Хотан
16	13	Зелёный и тёмно-зелёный, не прозрачный	Серпентин	Хотан
17	14	Светло-жёлтый, не Прозрачный	Серпентин	Наньянь
18	15	Светло-жёлтый, не Прозрачный	Серпентин	Ланьтань
19	16	Бледно-зелёный, не Прозрачный	Серпентин	Чихан
20	17	Чёрный, полупрозрачный	Кварц	Урумчи
21	18	Чёрный, не прозрачный	Кварц	Фусини
22	19	Светло-белный, белый, светло-жёлтый и чёрный, не прозрачный и полупрозрачный	Жадеит	Мьянма
23	20	Чёрный, не прозрачный	Мрамор (кальцит)	Чзньду

4.3. Геологические условия локализации жадеита, серпентина-офита, кальцитовых мраморов, ассоциирующих с нефритом

Установленные фальсификации могут быть не осознанными. Дело в том, что в минеральном сырье, которое поставляется камнерезам, изначально могут быть жадеит, серпентин-офит, офикальцит и кальцитовый мрамор, с которыми нефрит слагает тесные минеральные ассоциации [Колесник, 1963]. Возможно, сюда может попасть и кварц, образованный в скарнах и эпискарновых метасоматитах.. То есть эти похожие на нефрит поделочные камни могут быть отобраны из коренных залежей нефрита.

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 (псевдоморфоз серпентина по бруситу иди магнезиту) является поисковым признаком контактово-метасоматических апоскарновых месторождений нефрита [Колбанцев, Конников, 1986].

Напомним, что на упомянутом месторождении Люшей, расположенном в выделенной минерагенической зоне № 6 Центрального Кунь-Луня, в экзоконтактовой к нефриту части отмечены отдельные зоны из змеевика, волластонита, эпидота и кальцита [Колесник, 1963]. В этой же монографии отмечено, что в 30-е годы прошлого века при поисках в Кунь-Луне коренных выходов нефрита вместо него Гельмутом де Терра были обнаружены благородные серпентиниты [Колесник, 1963].

Есть прямые указания на совместное нахождение нефрита и отмеченных поделочных камней. Так в Бурятии в Восточном Саяне на Горлык-Гольском и Улан-Холинском месторождениях нефрита серпентиниты и офикальциты из вмещающих пород пригодны в качестве поделочных камней [Буканов, 2008]. В Монголии поделочный серпентин из месторождения Боин Далай

ошибочно считали нефритом. Этот и другие многочисленные примеры поделочного серпентина приведены в монографии В.В.Буканова [2008]. В них часто упоминаются прожилковые кальциты в серпентине.

Характерным примером является залежь нефрита на известном в Восточном Саяне Оспинском месторождении, которая локализована в зоне тектонического нарушения в приконтактной части массива серпентинитов (рис. 4.31). Здесь также вполне вероятны серпентин-офиты.

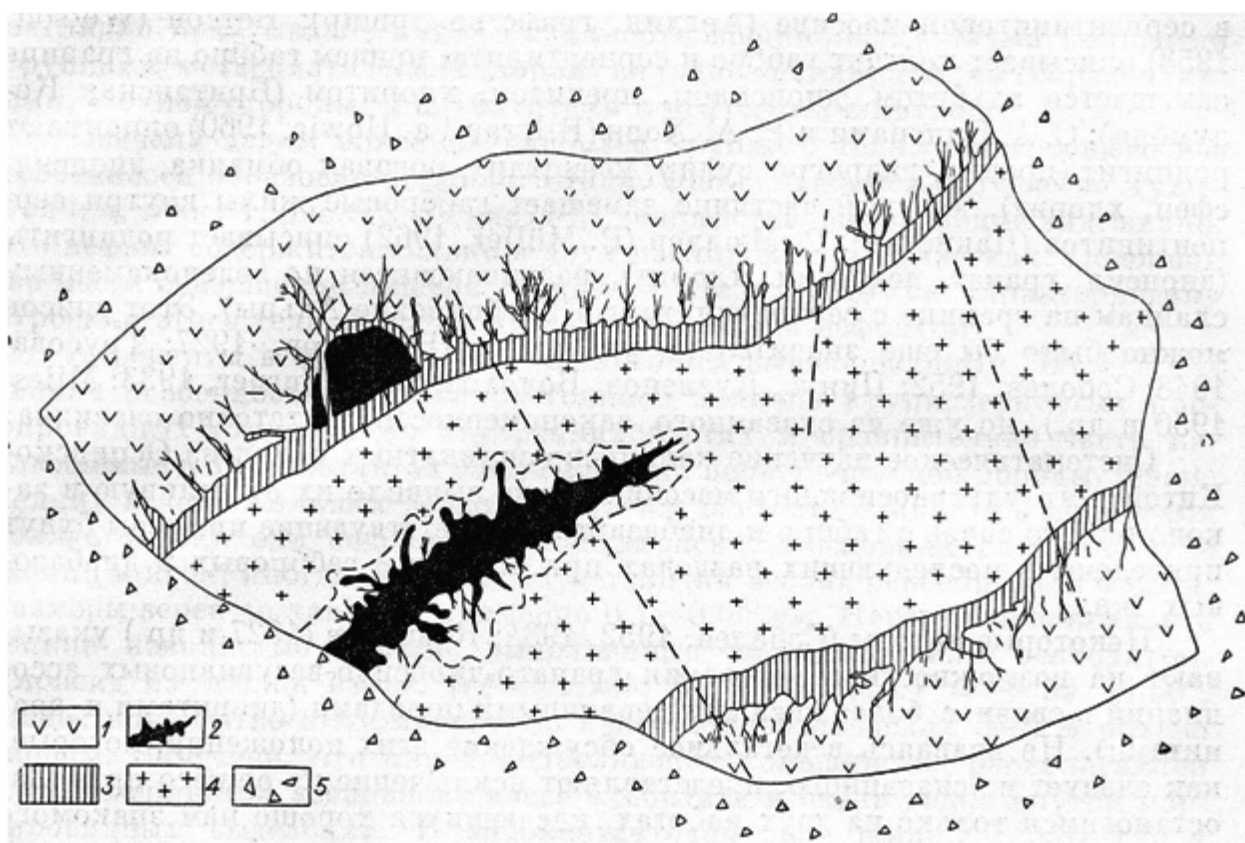


Рис.4.31. Геологическая схема Оспинского месторождения нефрита [Колесник, 1963].

1 – серпентинит; 2 – нефрит; 3 – диопсид-гроссуляровая и диопсидовая порода; 4 – альбитит; 5 - делювий.

Весьма близкие геологические условия характеризуют месторождения второго эпискарного типа нефритовых залежей и месторождений жадеита, локализованных в зонах биметасоматоза на контакте гранитоидов и гипербазитов. В такой обстановке локализованы жадеиты крупных месторождений Бирмы (рис. 4.32).

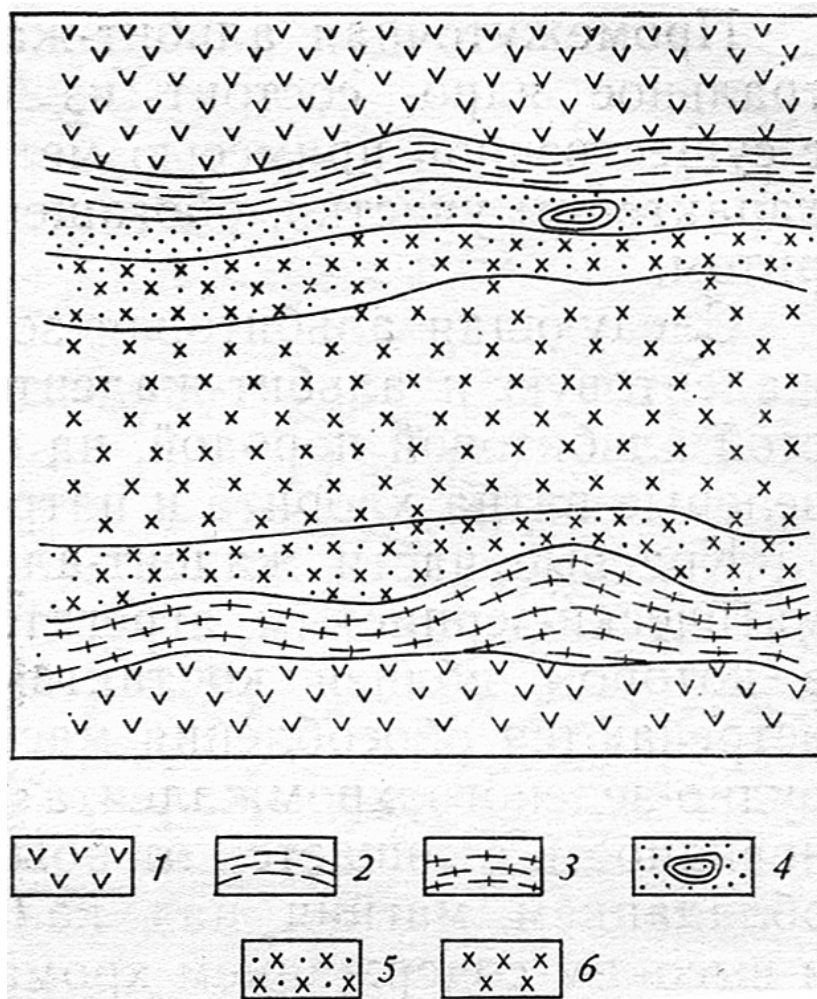


Рис. 4.32. Схема строения жадеитовой жилы месторождения Таумау (по А.Блику, 1907 [Киевленко, 1983]. 1 - серпентинит; 2 - хлоритовый сланец; 3 - амфиболовый сланец; 4 - адьбитовая порода с включениями амфиболового сланца; 5 - альбит-жадеитовая порода; 6 - жадеитит.

Судя по геологической схеме совместно с жадеитом развиты альбититы. Минеральная ассоциация жадеита и альбита с актинолитовыми и флогопит-хлоритовыми оторочками характерна для жадеитовых месторождений [Киевленко, 1983]. Напомним, что для нефритовых залежей альбитизация также считается типоморфной [Колесник, 1963]. В актинолитах вполне могут быть и тела нефритов.

Альбититы и актинолитовые метасоматиты характерны и для месторождений жадеита, локализованных в интрузивных породах основного состава. Так, в Лево-Кечпельском месторождении на Полярном Урале жадеитовые и альбит-жадеитовые жилы вместе с плагиоклазитами и дайками

габброидов и пироксенитов локализованы в зоне экзоконтакта крупного Войкаро-Сыпшинского массива гипербазитов раннепалеозойского возраста [Киевленко, 1983]. В продуктивных жилах, развитых по габброидам, отмечается зональность от ядра к зальбандам: жадеит - жадеит-альбитит и альбитит - актинолит с реликтами диопсидовой породы [Киевленко, 1983]. То есть актинолит тесно ассоциирует с жадеитом.

Вполне вероятны валуны и галька жадеита в нефритовых россыпях, что предопределено близкими физическими свойствами нефрита и жадеита (см. гл. 3). Так, в составе валунных древнечетвертичных конгломератов Бирмы, содержащих жадеит, отмечены обломки сланцев, габброидов и серпентинитов, а валуны из аллювиальных жадеитовых россыпей, размывавших моренные отложения, содержат кварциты, мусковитовые сланцы, амфиболиты, пироксениты, антигоритовые серпентиниты с вкрапленностью магнетита и хромита [Киевленко, 1983]..

Наличие кальцитовых мраморов и кальцифиров в скарнах является типичным. Также широко распространены агрегаты кварца и халцедона в контактовых зонах и корях выветривания ультрабазитов.

Результаты проведенных исследований служат основанием для доказательства третьего защищаемого положений диссертации: *"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"*.

Заключение

В представленной работе изложены результаты решения важной задачи по выявлению 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 характерные черты, свойственные позиции геолого-промышленных типов месторождений нефрита. На основе созданного геоинформационного проекта по материалам региональных геологических и тектонических карт, топоосновы и космических снимков выделено шесть минерагенических нефритоносных зон. Оценены их остаточные перспективы на поиски нефритовых залежей.

На основе изучения рельефа, речной сети и космических снимков показано положение 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. Приведены предпосылки и методы поисков погребенных и древних россыпей нефрита в наземных дельтах.

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.

Литература

1. Арманд Н.Н., Патык-Кара Н.Г. Некоторые особенности прогнозирования морфогенетических погребенных россыпей олова аккумулятивных равнин // Литология и полезные ископаемые. 1976. № 2. С. 55-64.
2. Бабичев Н.И., Николаев А.Н. Скважинная гидродобыча - новый чспочоб освоения земных недр. // Горный журнал. 1995. № 1. С. 14-18.
3. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. Учеб. пос. М.: КДУ. 2008. 734 с.
4. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.: ГОНТИ. 1938. 505 с.
5. Билибин Ю.А. Избранные труды. М.: Изд-во. АН СССР. Т.3,4. 1963.
6. Богданович К.И. Месторождения нефрита в Куэнь-Луне. Зап. Имп. СПб.мин. об-ва. Ч. 29. 1892. С 153.
7. Богданович К.И. Геологические исследования в Восточном Туркестане. Труды Тибетской экспедиции. Ч. II. Изд. Императорского Русского Географического общества. С.-Петербург. 1892. 167 с.
8. Буканов В.В. Цветные камни. Энциклопедия. С-Пб.,2008. 415 с.
9. Булл. У. Выявление в стратиграфическом разрезе отложений пролювиальных конусов выноса. В кн. Условия древнего осадконакопления и их распознавание. М. Мир., 1974. С. 87- 110.
10. Быховский Л.З., Гурвич С.И., Патык-Кара Н.Г, Флеров И.Б. Геологоические критерии поисков россыпей. М.. Недра. 1981. 253 с.
11. Геологический словарь. СПб. Изд-во ВСЕГЕИ.. 2011, 480 с.
12. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Синергетика как основа новой пардигмы геологии и геологической технологии. В сб. В сб. Фундаментальные проблемы геологии месторождений полезных ископаемых и металлогении: XXI Междунар. научн. конф., посвящ. 100-летию академика В.И.Смирнова. М. МГУ.// Сб трудов в 2-х томах. Том 1. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 188-200.
13. Гречухин М.Н., Игнатов П.А. Новое гидрогенное месторождение урана Ульзит в Монголии. Известия вузов. Геология и разведка. 2014. № 4. С.

27-33.

14. Елисеев В.И. Закономерности образования пролювия. М.: Недра. 1978. 232 с.

15. Есев А.А., Петров А.Н., Еремин А.М. Технологические особенности разработки месторождений нефрита открытым способом. // Рациональное освоение недр. 2014. № 2. С. 48-55.

16. Зарайский Г.П. Зональность и условия образования метасоматических пород. М.: Наука. 1989. 342 с.

17. Замалетдинов Р.С. Геолого-промышленные типы месторождений нефрита Сибири и методы их поисков. В кн. Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Тез. докл. к семинару. Иркутск. 1979. С. 35-37.

18. Игнатов П.А. Палеогидрогеологические обстановки образования рудных месторождений. М. ВНИИГеосистем. 2014. 140 с.

19. Игнатов П.А. и др. Отложения наземных дельт в девонских красноцветах Минусинского прогиба // Известия вузов. Геология и разведка. 1980 № 5. С.126-131.

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

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

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

23. Калибаба В.А. Технология скважинной гидродобычи с обрушением руды и налегающих пород. // Горный журнал. 1995. № 1. С. 2-7.

24. Киевленко Е.Я. Геология месторождений поделочных камней. М.

Недра. 1983. 263 с.

25. Киевленко Е.Я. Геология самоцветов. М. Изд. "Земля". 2001. 582 с..

26. Колбанцев Р.В., Конников А.З. Нефрит. В кн. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Л. Недра. 1986. С. 629-638.

27. Колесник Ю.Н. Нефриты Сибири. Новосибирск. Наука. 1965. 149 с.

28. Корчуганова Н.И. Геология россыпей. М. ГЕОКАРТ-ГЕОС. 2010. 306 с.

29. Корчуганова Н.И., Сурков А.В. Генетические типы россыпей. Учебное пособие. М. : ВНИИгеосистем. 2010. 146 с.

30. Костенко Н.П. Влияние новейших поднятий на развитие наземных дельт и речных долин // Вестник МГУ. Сер.геол. 1955. № 2.

31. Костенко Н.П. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ. 1999. 383 с.

32. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Под ред. Д.В. Рундквиста. Л., НЕдра.1978, 607 с.

33. Курдюков К.В. Основные вопросы изучения наземных дельт // Бюллетень МОИП. 1957. № 21.

34. Кукал З. Скорость геологических процессов. М.: Мир. 1987. 246 с.

35. Лидер М.Р. Седиментология. М. Мир. 1986. 439 с

36. Листенгартен В.А. Конусы выноса как месторождения подземных вод (Гидрогеология и инженерная геология) // Советская геология. 1983. № 6.

37. Литвиненко А.К. Минерагения драгоценных камней Нуристан-Южнопамирской провинции. [Palmarium Academic Publishing](#) (2012-05-05) - ISBN-13: 978-3-8473-9314-6.

38. Ли Мин, Донг Хунцюань. Нефрит по месторождение Хотан и его свойства. (2012-8)-ISBN 978-7-5356-3424-5.

39. Лу Хуа, Цянь Чжэньфэн. Белый нефрит и его месторождения. (2010-3)-ISBN 978-7-5478-0086-7/TS.6.

40. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных

ископаемых (ювелирно-поделочных камней). Приложение 40 к распоряжению МПР России от 05.06.2007 № 37-р.

41. Попов В.И. Запрометов В.Ю., Хусанбаев Д.И. Динамические фации. Ташкент: ФАН, 1988. 215 с.

42. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология. М. Высшее образование. 1991. 441 с.

43. Патык-Кара Н.Г., Беневольский Б.И., Быховский Л.З. и др. Россыпные месторождения России и других стран СНГ. Научный мир, 1997. 479 с.

44. Патык-Кара Н.Г. Россыпеобразование в аридных обстановках. Литология и полезные ископаемые. 1980., № 2. С. 138-150.

45. Пашкин Е.М., Каган А.А., Кривоногова Н.Ф. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии. М. КДУ. 2011. 952 с.

46. Российская геологическая энциклопедия. М.-С.-Пб. Изд. ВСЕГЕИ. Т. 3. 2012. 519 с.

47. Рундквист Д.В. Глобальная металлогения. В сб. Смирновский сборник-95. М. ВИНТИ. 1995. С.92-123.

48. Словарь по геологии россыпей. Ред. Н.А.Шило /Арманд А.Н., Белоусов В.Д., Быховский Л.З. и др. М. Недра, 1985, 197 с.

49. Справочник физических констант горных пород. Пер с англ. М. Мир. 1969. 542 с.

50. Старостин В.И. Металлогения: учебник. М.: КДУ, 2012. 560 с.

51. Старостин В.И. Минеральные ресурсы Земли и цивилизация. Учебное пособие. М. МАКС Пресс. 2014. 160 с. .

52. Сутурин А.Н. Новый тип месторождений нефрита в Восточном Саяне. В кн. Материалы конференции молодых научных сотрудников. Иркутск. 1968. С. 42-43.

53. Сутурин А.Н., Замалетдинов Р.С. Бурмакина Г.В. Типы месторождений нефрита и критерии нефритоносности гипербазитовых

массивов. Вкн. Минерагениягипербазитовдунит-гарцбургитовойформации. Л. Недра.1976. С. 123-131.

54. Трифонов В.Г., Караханян А.С. Динамика Земли и развитие общества. Труды Геол. института РАН. Вып. 595. М. ОГИ. 2008. 436 с.

55. Хроленко М.Я. Мир жадеита. М. «Хакасинтерсервис». 2008. 311 с.

56. Хэллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. М.: Мир. 1983.

57. 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.

58. 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.

59. 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.

60. 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.

61. Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 239 с.

62. Шилов Н.А. Учение о россыпях. М. Изд-во Академии горных наук. 2000. 632 с.

63. Штрюмбель Г., Циммер З.Х. Минералогический словарь. Пер. с нем. М. Недра, 1987. 494 с.

64. Шумилов Ю.В. Физико-химические и литогенетические факторы россыпеобразования. М. Наука. 1981. 270 с.

65. Экологическая энциклопедия. Т. 3. М. ООО Изд-во "Энциклопедия". 2010. 448 с.
66. Ян Хан Чэнь, И Сен Жи, И Шоа Тин и др. Драгоценные камни и нефрит Синцзяна. Синцзянский народный издательский дом. Урумчи. 2012. 204 с.
67. Geological map of the people's Republic of China. Scale 1:2 500 000. Chief editor Huang Chongke. 2002.
68. 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.
69. Shere R.L. Geology of the Sage-creek nephrite deposit. Wyoming. Contrib. Geology Univ. Wyoming. 1972. vol. 11, № 2, p. 83-86.
70. Tectonic map of Hincang and adjacent areas, China. Scale 1:2 500 000. Academic guide : Xiao Xuchang. Chief comiler: He Guogi Geological Publishing House Deijing. 2002.
71. Tectonic map of Central Asia and adjacent areas. Scale 1:2 50000. Editor-in-cheif: O. Petrov, Yu. Leonov, Li. Tingdong, O. Tomurtogoo, Hwang Jae. CCGM, CGMW. 2008.
72. Zhou Weixun, Chen Zuvi, Li Jianhong and oth/ ISL-amenable Sandstone-type Uranium Deposit: Global Aspects and Recent Development in China. In book "Sandstone-type Uranium Deposits in China: Geology and Exploration Techniques." Bureau of Geology, CNNC. 2002. P. 1-23.
73. Wang Zhengbang, Qin Mingkum, Lin Wuzhing The Control of Himalayan Orogeny to in-situ Leachable Sandstone-type Uranium Deposits in Xinjiang Autonomous Region and Adjacent Areas/ In book "Sandstone-type Uranium Deposits in China: Geology and Exploration Techniques. Bureau of Geology, CNNC. 2002. P. 33-42.
74. Bing WWW SAS PLANET. Google.v
75. WWW. diva-gis. org. download data by country.