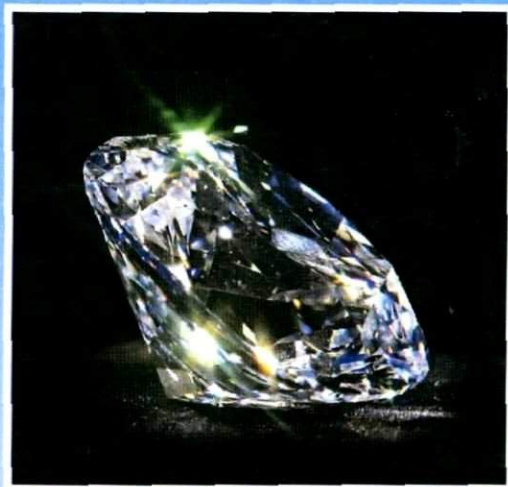


**В.Р. БОЙНАГРЯН**



**РОССЫПИ  
И ИХ  
МИНЕРАЛЫ**

**ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**В.Р. БОЙНАГРЯН**

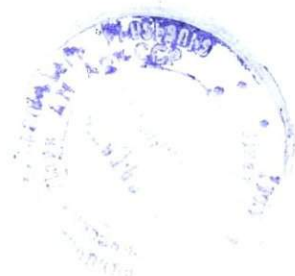
**РОССЫПИ**

**И ИХ**

**МИНЕРАЛЫ**

19534

**ЕРЕВАН**  
**Авторское издание**  
**2012**



V.R. BOYNAGRYAN

**PLACERS AND THEIR  
MINERALS**

YEREVAN – 2012

---

Վ. Ռ. ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ

**ՑՐՈՆՆԵՐԸ և ՆՐԱՆՑ  
ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ**

ԵՐԵՎԱՆ – 2012

УДК 551. 1/4

ББК 26.303

Б 775

**Главный редактор**

**Р.Г.ГЕВОРКЯН** – доктор геол.-мин. наук, профессор

**Рецензент**

**О.П.ГУЮМДЖЯН** – кандидат геол.-мин. наук, доцент

**Б 775 БОЙНАГРЯН В.Р. РОССЫПИ И ИХ МИНЕРАЛЫ**

В.Р. Бойнагрян; ЕГУ. – Ер.: Авт. изд., 2012. – 180с. + 88 рис. + 9 табл.

В монографии в доступной форме излагаются сведения о ряде полезных минералов, которые формируют самостоятельные россыпи промышленного значения или встречаются в других россыпях попутно с основным компонентом и нередко являются индикатором выявления коренного источника того или иного минерала.

Представляет интерес для студентов, аспирантов, преподавателей и широкого круга любителей минералов и россыпей.

УДК 551. 1/4

ББК 26.303

ISBN 978-9939-0-0478-5

© Бойнагрян В.Р., 2012

**Editor – in chief**

**R.G.GEVORKYAN** – Doctor of Sciences (Geology), professor

**Reviewer**

**H.P.GHUYUMJYAN** – Doctor of Geology, Assistant professor

**BOYNAGRYAN V.R.**

**PLACERS AND THEIR MINERALS** /V.R.Boynagryan; YSU – Yer.: Auth. publ., 2012. – 180p. + 88 fig. + 9 tables.

The information knowledge on minerals which is basic useful component of placers of industrial significance or are met in the other placers in at the same time with main mineral and which are very often indicator for revealing of native (solid) source of either mineral are expounded are stated in a simple form in the monograph.

It is of interest for students, post-graduate students, teachers and wide circle of amateurs of minerals and placers.

---

**Գլխավոր խմբագիր՝**

**Ռ.Գ.ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ** -երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր  
**Գրախոս՝**

**Յ.Պ. ԳՈՒՅՈՒՄՅԱՆ** - երկր. -հանք. գիտ. թեկ., դոցենտ

**ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ր.**

**Ցրոնները և նրանց միներալները** / Վ.Ր. Բոյնագրյան, ԵՊՀ - Եր. .. Յեղ. հրատ. , 2012. - 180 էջ + 88 նկար + 9 աղյուսակ

Մենագրությունում մատչելի ձևով տրվում են տեղեկություններ միներալների մասին, որոնք հանդիսանում են արդյունաբերական նշանակություն ունեցող ցրոնների հիմնական օգտակար բաղադրիչը կամ էլ այլ ցրոններում հիմնական միներալների հետ հանդիպում է միաժամանակ և հաճախ այլ միներալների արմատական հանքավայրերի բացահայտման համար ցուցիչ են հանդիսանում:

Նախատեսված է ուսանողների, ասպիրանտների, դասախոսների ինչպես նաև միներալները և ցրոնները սիրող ընթերցողների լայն շրջանակի համար:

## ВВЕДЕНИЕ

В геологической литературе имеется большое количество работ (монографии, статьи, учебники и учебные пособия), посвященных отдельно минералам (их разновидностям, свойствам и т.п.) и россыпям различных полезных минералов (строению россыпей, содержанию в них полезного компонента, методам добычи и т.д.), однако нет ни одной работы, которая объединяла бы их в едином повествовании. Поэтому автор счел необходимым подготовить комплексную работу, отражающую происхождение названия минерала, его первое обнаружение в природе, историю добычи; свойства, позволяющие хорошо переносить длительную транспортировку и неоднократные переотложения; его концентрацию в различных морфогенетических типах россыпей; роль россыпных месторождений в общей добыче того или иного минерала и т.п. Используются материалы личных исследований автора по россыпям золота Патомского нагорья, комплексным титано-циркониевым прибрежно-морским россыпям и россыпям янтаря юго-восточной Балтики.

В подготовке данной монографии большое содействие автору оказали сотрудники кафедры геоморфологии и картографии ЕГУ О.А.Аветисян, А.А.Айриянц, Н.В.Манукян и Ж.С.Мнацакянц, взявшие на себя компьютерный набор текста, подготовку графического материала и общий дизайн работы, за что автор выражает им свою искреннюю признательность.

# Глава первая

## ПОНЯТИЕ О МИНЕРАЛАХ И РОССЫПЯХ

### §1. Минералы

Земная кора и мантия Земли состоят из различных по форме, составу, строению, свойствам и распространенности пород и минералов. Минералы или продукты их разрушения слагают горные породы.

Впервые описание минералов было дано в 500г. до н.э. в китайском манускрипте Сан Хейдина «Древние сказания о горах и людях», в котором приведены сведения о 17 минералах.

Слово *минерал* происходит от латинского “*minera*”, что означает кусок руды (Короновский, 2006), «вести горные разработки, заниматься горным делом...» (Юбельт, 1978).. Минерал определяется учеными по-разному. Одни в качестве минералов выделяют только твердые тела, другие относят к ним также жидкие, газообразные и аморфные тела, т.е. понятие “минерал” в процессе развития минералогии имело различные определения (Григорьев, 1985).

А.Аллисон и Д.Палмер (1984) за минералы принимают обособленные, обладающие кристаллической структурой частицы, которыми сложены почти все горные породы. По их мнению, *«минерал – это природное неорганическое твердое вещество с кристаллической структурой, состоящее либо из одного элемента, либо из закономерного сочетания элементов и обладающее характерными физическими свойствами»* (с.50). В порядке исключения названные авторы относят к минералам также ряд глинистых минералов и некоторые гидроокислы, не имеющие кристаллической структуры.

Х.Батти и А.Принг (2001) определяют минерал как *«гомогенное твердое тело, образованное природными процессами; минерал обладает правильным, закономерным расположением атомов, что устанавливает пределы для области его химического состава и придает ему характерные физические свойства»*.

Н.В.Короновский (2006) за минералы принимает *«твердые продукты, образовавшиеся в результате природных физико-химических реакций, происходящих в литосфере, обладающие определенным химическим составом, кристаллической структурой, имеющие поверхности раздела»* (с.89).

Комиссия по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации рекомендует считать минералами кристаллические элементные или химические соединения, возникающие в ходе геологических процессов (Nickel, 1995).

Начало образования минералов следует отнести к времени возникновения твердой земной коры, т.е. 4-5 млрд. лет назад, когда из охлаждающегося раскаленного вещества Земли стали кристаллизоваться первые порообразующие минералы.

На сегодняшний день известно около 3800 минералов и их разновидностей. По мере открытия и описания новых минералов это число возрастает в среднем на 50 минералов в год (и 5 минералов исключаются из общего списка) (Батти, Принг, 2001).

## §1.1. Формы нахождения минералов в природе

Твердые минералы в основном являются кристаллическими веществами или имеют форму многогранников; встречаются они также в виде неправильных по форме зерен или сплошных масс.

Реже встречаются аморфные минералы в виде бесформенных масс.

Кристаллические минералы в природе встречаются или в виде отдельных кристаллов и их сростков, или в виде скоплений (минеральных агрегатов). Характер последних зависит от условий их образования.

Слово *кристалл* происходит от «кристаллес», что означает лед, горный хрусталь. Обычно кристаллы представлены твердым телом с закономерным расположением атомов, ионов, молекул. Часто кристаллы образуются в виде многогранников. Для кристаллов характерны однородность, анизотропность и способность принимать ограниченную форму (Геол. словарь. Т.1, 1960, с.355).

Среди минеральных агрегатов наиболее распространены следующие:

- **Зернистые агрегаты** – скопления минеральных зерен, имеющих более или менее неправильную форму; в природе они встречаются довольно часто.

- **Друзы** – сростки более или менее правильных кристаллов, приросших одним концом к породе. Образуются при росте кристаллов в открытых трещинах, пустотах, пещерах (рис. 1).

- **Двойники** – это сростки двух и более кристаллов. Например, гипс образует нередко двойники – “ласточкин хвост” (рис. 2), а плагиоклазы – сложные полисинтетические двойники.

- **Дендриты** – это плоские сростки кристаллов в виде пленки. Образуются при быстрой кристаллизации минералов в тонких трещинах (рис. 3).

- **Секрции** – они возникают при заполнении минералами пустот в породе и имеют концентрическое строение. Мелкие секрции (до 10мм в поперечнике) называются *миндалитами*, крупные – *жеодами* (рис. 4).

- **Конкреции** – это агрегаты более или менее округлой формы, возникшие в результате отложения минерального вещества вокруг центра кристаллизации (рис. 5.)

- **Оолиты** – мелкие (до 10мм в поперечнике) округлые образования концентрического строения, близкие к конкрециям. Возникают при выпадении минерального вещества в движущейся воде.

- **Натечные образования** – образуются в пустотах из растворов при их медленном испарении. Имеют разную форму и обычно концентрическое строение. Известны почковидные, гроздевидные, сосульковидные образования. Натечи, свисающие со сводов пустот, называются *сталактитами*, поднимающиеся к ним навстречу со дна пустот – *сталагмитами* (рис. 6).

## § 1.2. Классификация минералов

Существуют разные классификации минералов: по времени их образования, по способу и условиям формирования, по их химическому составу и т.п.

*По времени образования* выделяются:

- **первичные минералы**, которые формируются при остывании магмы или при кристаллизации водных растворов, а также в процессе метаморфизма различных пород (в последнем случае происходит рекристаллизация в твердом состоянии);
- **вторичные минералы**, которые образуются в результате видоизменений существующих минералов в зоне гипергенеза.

*По способу и условиям формирования* П.Корбел и М.Новак (2004) первичные минералы подразделяют на:

- **магматические** – эти минералы кристаллизуются непосредственно из расплава на больших глубинах или из лавы, вышедшей на поверхность;
- **осадочные** – к ним относятся минералы, которые формируются в результате процесса осаждения из водных растворов и диагенеза при разной температуре;
- **метаморфические** – это минералы пород регионального и контактового метаморфизма, а также скарнов, сформировавшихся при высоких давлении и температуре;
- **гидротермальные**, формирующиеся в результате кристаллизации из водных растворов.

Вторичные минералы вышеназванными авторами подразделяются на:

- **минералы зоны окисления**, т.е. минералы, которые образуются в процессе выветривания первичных минералов;
- **минералы зоны цементации**, образующиеся в результате восстановления первичных минералов.

*По химическому составу* минералы подразделяются на следующие классы (Батти, Принг, 2001; Корбел, Новак, 2004; Короновский, 2006; Лебедева, 1972; Павлинов и др., 1983; Самсонов, Туринге, 1984 и др.):

- **самородные элементы**: алмаз, графит, железо, золото, медь, свинец, сера, серебро, платина, ртуть и др. (в настоящее время известно более 30 элементов в самородном состоянии);
- **сульфиды и их аналоги**: антимонит, арсенопирит, галенит, киноварь, марказит, молибденит, пирит, пирротин, халькопирит и др.;
- **галогениды** (представлены более чем 100 минералами): галит, сильвин, флюорит и др.;
- **оксиды и гидрооксиды**: анатаз, брукиит, гематит, гётит, ильменит, касситерит, кварц, корунд, магнетит, пиролюзит, пирохлор, рутил, хризоберилл, хромит, шпинель, уранинит и др.;
- **карбонаты** (по массе они составляют в земной коре 1,5%): доломит, кальцит, магнезит, сидерит, малахит и др.;

- **сульфаты, хроматы, молибдаты и вольфраматы:** ангидрит, гипс, барит, мирабилит, целестин, алунит; вольфрамит, шеелит и др.;
- **фосфаты, арсенаты и ванадаты** (известно более 450 их минеральных видов): апатит, ксенотим, монацит и др.;
- **силикаты** - к ним относятся наиболее распространенные породообразующие минералы: полевые шпаты, оливин, пироксены, амфиболы, слюды, кварц, нефелин, лейцит, а также топаз, берилл, турмалин, гранаты, циркон, сфен, андалузит, дистен, силлиманит и др.

**К органическим соединениям** относятся янтарь, жемчуг, кораллы. Из них янтарь образует крупные коренные месторождения и прибрежно-морские россыпи.

Вышеперечисленные минералы, в свою очередь, можно разделить на **породообразующие и акцессорные**. К первым относятся широко распространенные минералы, которыми преимущественно сложены горные породы: оливин, пироксены, амфиболы, слюды, полевые шпаты, фельдшпатоиды, кварц. К акцессорным относятся *“минералы, образующие количественно ничтожную, а качественно нередко характерную примесь в горных породах”* (Геол. словарь, т. 1, 1960, с. 25), акцессории – это *“своеобразная форма минерального рассеяния редких и рудных элементов”* (Ляхович, 1968).

## § 2. Россыпи

*Россыпями, или россыпными месторождениями* называются скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, которые содержат зерна полезных минералов, устойчивых в экзогенных условиях (Билибин, 1955).

Россыпи относятся к самостоятельной группе осадочных месторождений полезных ископаемых, которые формируются под воздействием различных экзогенных процессов. При этом к промышленным месторождениям относятся те россыпи, которые *«... содержат полезные минералы в таких концентрациях и объемах и залегают в таких горно-геологических условиях, которые при настоящем уровне развития техники и существующей экономической конъюнктуре позволяют экономически выгодно разрабатывать месторождения и извлекать полезные минералы из продуктивных пород»* (Божинский, 1965).

Обычно полезными компонентами россыпей являются те минералы, которые в природе встречаются в относительно небольших количествах (рудные, акцессорные и некоторые породообразующие минералы) и которые обладают устойчивостью по отношению к их разрушению, истиранию, растворению и т.п. в зоне гипергенеза, имеют высокий удельный вес, способствующий их сепарации в разных обломочных рыхлых породах.

## 2.1. Классификация россыпей

В зависимости от ценности минерала, его удельного веса, условиям накопления в природе и масштабам концентрации, парагенетическим ассоциациям и т.п. А.П.Божинский (1965) подразделяет их на шесть групп и, соответственно, выделяет шесть групп россыпей по виду полезного ископаемого (минерала):

- **россыпи драгоценных камней**, главным образом алмазов; реже встречаются россыпи сапфиров, рубинов и др., их удельный вес составляет  $2,7-3,5 \text{ г/см}^3$ ;
- **россыпи благородных металлов**: золота, платины и минералов платиновой группы, реже – серебра; удельный вес этих минералов колеблется в пределах от  $10,5$  до  $21,5 \text{ г/см}^3$ ;
- **россыпи редких металлов**: тантала и ниобия, которые извлекаются из минералов группы танталит-колумбит (удельный вес  $5,2-8,2 \text{ г/см}^3$ ) и пирохлора (удельный вес  $4,1-5,4 \text{ г/см}^3$ );
- **россыпи олова и вольфрама**, минералами которых являются касситерит и вольфрамит (удельный вес  $5,8-6,2 \text{ г/см}^3$ ), а также шеелит (удельный вес  $6,1 \text{ г/см}^3$ );
- **россыпи редкоземельных минералов** – монацита, ксенотима, эвксенита, лопарита и др. (удельный вес  $4,5-5,5 \text{ г/см}^3$ );
- **титано-циркониевые россыпи** – в эту группу входят ильменит, рутил, лейкоксен, циркон, а также монацит в качестве спутника; удельный вес этих минералов составляет  $4-5 \text{ г/см}^3$ ;

Кроме перечисленных групп россыпей и входящих в эти группы минералов, встречаются россыпи и других минералов, имеющих важное значение:

- **россыпи черных металлов** – магнетита, титаномагнетита и хромита;
- **россыпи абразивных минералов** – граната и корунда;
- **россыпи алюминийсодержащих минералов** – силлиманита, андалузита и дистена;
- **россыпи из поделочных камней** – янтаря, яшмы, агатов и др.

Различают россыпи также по отношению к источнику питания и условиям формирования, выделяя россыпи ближнего сноса и россыпи дальнего переноса и переотложения.

По возрасту россыпи подразделяются на современные и древние. Среди последних выделяются погребенные и затопленные россыпи, а также россыпи, приподнятые и потерявшие связь с формой - коллектором. Если древняя россыпь полностью утратила связь с рельефом в результате структурной перестройки территории, то ее называют ископаемой россыпью. Среди ископаемых россыпей широко распространены метаморфизованные россыпи протерозоя и палеозоя.

По глубине залегания выделяются близповерхностные и глубокозалегающие россыпи, а по форме залегания известны плащевидные, линзовидные, лентообразные и др.

Различают также группировку россыпей по сложности геологического строения для целей разведки, по числу полезных компонентов (однокомпонентные и комплексные).

Большое разнообразие характерно для россыпей по их происхождению: элювиальные, делювиальные, ледниковые (моренные, флювиогляциальные), озерные, морские (пляжевые, донные и т.п.), аллювиальные (долинные, русловые, косовые, террасовые), пролювиальные, эоловые, карстовые и т.п.



а



б

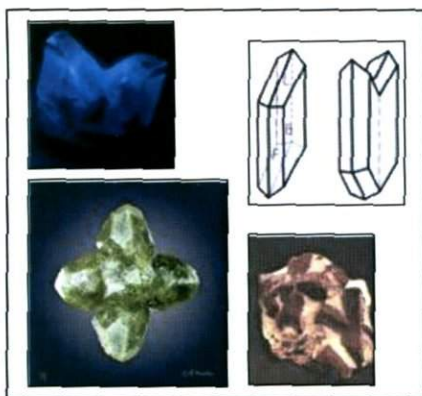


в

Рис.1. Друзы кристаллов: а – кварца, б – гипса, в – александрита



а



б



Рис.2. Двойник гипса «ласточкин хвост» и одиночные кристаллы гипса (Павлинов и др., 1983) (а); двойники (б) и кристаллы (в) гипса – фото из Интернета

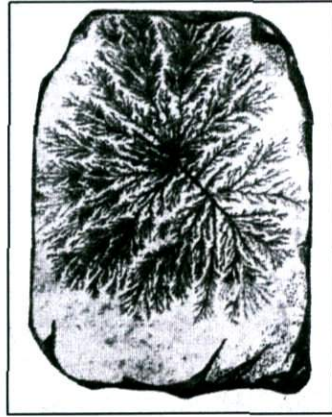
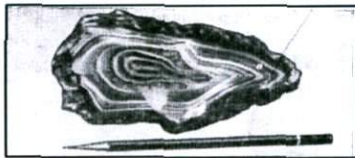


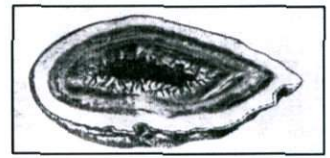
Рис. 3. Дендриты марганцевых соединений в известняке (Павлинов и др. 1983)



а

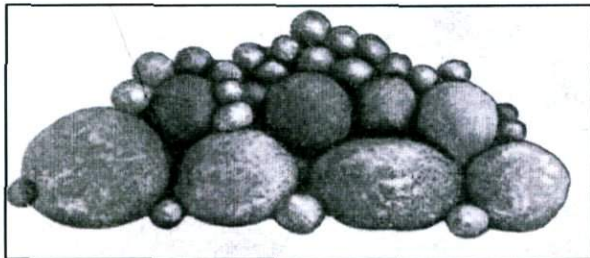


б

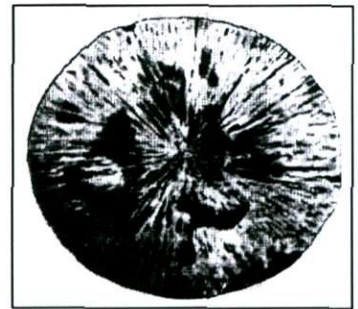


в

Рис. 4. Секрети, состоящие из агата и халцедона (а), миндалины в породе (б), жсеода(в), состоящая из кварца и халцедона (Павлинов и др., 1983)

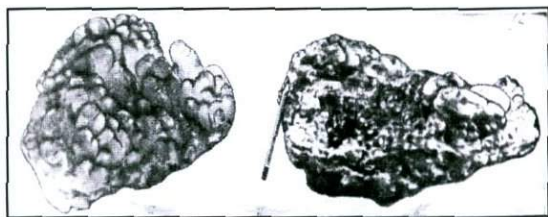


а

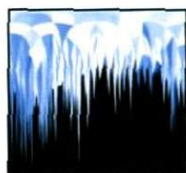
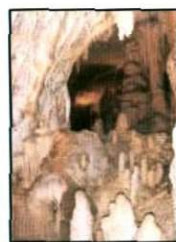


б

Рис.5. Шарообразные песчаные конкреции (а), конкреция марказита (б) (Павлинов и др., 1983)



а



б

в

Рис.6. Натечные формы: а – почковидные формы опала (1) и малахита (2) (Павлинов и др., 1983); б, в – сосудковидные формы: б – сталактиты, в – сталагмиты (фото из Интернета)

# Глава вторая

## РОССЫПИ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ

### §1. Понятие о драгоценных камнях

К драгоценным камням относятся минеральные тела различного химического состава, которые встречаются в природе редко и в малых количествах. Они или бесцветные, или обладают красивым цветом, блеском, прозрачностью, высокой твердостью, что позволяет полировать и огранивать их, придавая определенные формы с множеством граней.

Драгоценные камни делятся на три класса (Геологический словарь, т.1, 1960):

- первый класс: алмаз (в граненом виде называется бриллиант); разновидности корунда: рубин и сапфир; изумруд – зеленый берилл; александрит – дихроирующий хризоберилл; благородная шпинель (рассматривается в седьмой главе); эвклаз;

- второй класс: топаз, аквамарин (зеленовато-голубоватый берилл), берилл, красный турмалин, демантоид (зеленый гранат), фенакит, аметист (фиолетовый кварц), альмандин (красный гранат), уваровит (зеленый гранат), гиацинт (красный циркон), благородный опал;

- третий класс (это скорее полудрагоценные камни): гранаты, кордиерит, кианит, эпидот, диоптаз, бирюза, зеленый и полихромный турмалин, горный хрусталь, дымчатый кварц, халцедон, агат, сердолик, гелиотроп, хризопраз и др.; к этой же группе относятся тела органического происхождения: жемчуг, речной жемчуг, коралл, янтарь.

В настоящей главе будут рассмотрены только те из драгоценных камней, которые образуют самостоятельные россыпи или встречаются в россыпях довольно часто с основным минералом.

## § 2. Минералы – драгоценные камни первого класса

### 2.1. Алмаз

Алмаз в представлении каждого человека ассоциируется с несравненным блеском и непревзойденной твердостью. Именно его твердость и определила название минерала, которое происходит от арабского слова “almas” (твердость) и греческого “адамас” (непреодолимый, несокрушаемый), означающего первоначально название стали, позднее – алмаза.

Еще с древних времен алмазы использовались в качестве самых изысканных украшений и оценивались очень высоко. Лишь с конца XIXв. стало использоваться и другое свойство алмаза – его колоссальная твердость, которая превышает в 100 раз твердость кварца, в 140-150 раз – корунда и в десятки раз – сплавов, применяемых для изготовления резцов (Милашев, 1976; Самсонов, Туринге, 1984 и др.). Алмаз начал применяться на производстве: бурение горных пород, механическая обработка разнообразных материалов, протягивание (волочение) тонкой проволоки, в качестве абразива и т.п.

### 2.1.1. Свойства алмазов

Алмаз – минерал, одна из аллотропных форм углерода, атомный номер которого равен 6,, а атомный вес - 12,011 (1). В кристаллической решетке каждый атом углерода окружен четырьмя атомами.

Главными отличительными чертами алмаза являются его высочайшая среди минералов твердость, наиболее высокая теплопроводность среди всех твердых тел, высокие показатели преломления и дисперсии. Алмаз является диэлектриком. Характерной особенностью минерала является очень низкий коэффициент трения по металлу на воздухе (0,1). Это связано с тем, что на поверхности алмаза образуются тонкие пленки адсорбированного газа, которые выполняют роль смазки. С низким коэффициентом трения связана исключительная устойчивость алмаза к истиранию. Алмаз выделяется также самым высоким модулем упругости и самым низким коэффициентом сжатия. Он не смачивается водой.

Цвет алмазов довольно разнообразный. Чаще всего встречаются бесцветные, желтые, бурые, серые и черные алмазы. Реже встречаются алмазы с зеленоватыми, голубоватыми и розоватыми оттенками, в то время как яркие тона синего, зеленого и красного цветов довольно редки. Отмечается интересная особенность в окраске кристаллов – неравномерная, концентрация окраски на отдельных участках.

Алмазы чаще всего образуют обособленные кристаллы. Встречаются также сростки нескольких мелких кристалликов, различные микро- и скрыто-кристаллические агрегаты из множества сросшихся мельчайших зерен.

Обособленные кристаллы выделяются многообразием форм. Наиболее характерны октаэдрические и кубические кристаллы, ограниченные плоскими или плоскоступенчатыми гранями. Отмечаются находки кристаллов также с выпуклыми искривленными гранями (Милашев, 1976) (рис. 7, 8, 9).

Поверхность алмазов редко бывает гладкой и блестящей. На ней имеются многочисленные бугорки, углубления, штрихи, различные выступы, рассеивающие свет и придающие кристаллам тусклый, жирный или стеклянный блеск.

Алмазы нередко образуют также мелкозернистые сростки и тонкокристаллические агрегаты:

- *борт* – неправильные мелкозернистые сростки бесцветных или окрашенных алмазов;
- *баллас* – шарообразные агрегаты радиально-лучистого строения от мутно-белой до серо-стальной окраски;
- *карбонадо* – тонкозернистые агрегаты массивного сложения, а также пористые, коксовидные и шлаковидные разности (массивные карбонадо, покрытые эмалевидной корочкой, тверже самого алмаза и ценятся очень высоко).

Удельный вес алмаза  $3,5\text{г/см}^3$ , твердость 10 (тверже всех известных веществ).

Прозрачность – от просвечивающего до прозрачного (иногда за алмаз принимают прозрачные зерна кварца; отличить их можно в бромформе, в котором алмаз опускается на дно, а кварц плавает), люминесценция – голубая, желтая. Блеск алмазный.

Алмаз химически инертный, он не поддается воздействию самых сильных кислот (соляной, серной, азотной, плавиковой), даже доведенных до кипения. Не реагирует он и со щелочами. И лишь в расплавах едких щелочей, селитры или соды алмаз окисляется и сгорает.

Алмаз является хорошим проводником тепла. При трении он электризуется. Температура плавления алмаза составляет  $3700-4000^{\circ}\text{C}$ . При нагреве на воздухе до  $850-1000^{\circ}\text{C}$  алмаз сгорает. В струе чистого кислорода он загорается при  $720-800^{\circ}\text{C}$ , а нагревание при нормальном атмосферном давлении без доступа кислорода до температуры выше  $1200-1500^{\circ}\text{C}$  приводит к превращению алмаза в графит (Милашев, 1976).

Хотя алмаз имеет очень высокую твердость, он может раскалываться под воздействием сильных и резких ударов по плоскостям, параллельным граням октаэдра. Способность кристаллов алмаза раскалываться по определенным поверхностям обусловлена его совершенной спайностью. Последняя помогает при обработке алмазов вместо сошлифовки откалывать кусочки кристалла с дефектами.

### *2.1.2. Происхождение и встречаемость в природе*

О происхождении и возрасте алмазов есть разные гипотезы – магматическая, мантийная, метеоритная, флюидная и др. Большинство ученых придерживается магматической и мантийной теорий, согласно которым алмазы формируются на больших (около 200км) глубинах и под большим (50000 атмосфер) давлением. В этих условиях атомы углерода формируют кубическую кристаллическую решетку – собственно алмаз, который затем выносится на поверхность магмой в процессе образования “трубок взрыва”.

Возраст алмазов предположительно оценивается от 100 миллионов до 2,5 миллиардов лет.

Алмазы представляют собой редкий, но вместе с тем широко распространенный минерал. Промышленные их месторождения известны на всех континентах, кроме Антарктиды и связаны в основном с кимберлитовыми и лампроитовыми трубками, приуроченными к древним жестким малоподвижным участкам земной коры, так называемым кратонам – центральным стабильным частям континентов (Оллиер, 1984). Основные месторождения этого типа известны в Африке, России, Австралии и Канаде.

Первое коренное месторождение алмазов было открыто в 1871г. в Южной Африке у местечка Кимберли (отсюда и название содержащей алмаз горной породы – «кимберлит»). За короткое время после южноафриканской находки было обнаружено несколько десятков выходов кимберлитов, а на сегодняшний день их известно более 1000 в мире, однако лишь небольшое количество из них имеют промышленное значение.

По химическому и минералогическому составу кимберлит относится к семейству ультраосновных, бедных кремнекислотой и богатых магнием изверженных горных пород. Цвет кимберлита отличается не только в разных трубках, но и в различных частях одной трубки. Он может изменяться от почти черного через синевато- или зеленовато-серый до светло-серого и бурого. Основная масса кимберлита имеет тонкозернистое строение и матовую

поверхность. На этом фоне резко выделяются включения крупных зерен смоляно-черного ильменита, коричневой слюды, кроваво-красного граната, иногда бледно-зеленого оливина и изумрудно-зеленого пироксена.

Свежие и мало измененные кимберлиты имеют большую механическую прочность – геологический молоток отскакивает от них со звоном. Выветрелые же разновидности раскалываются даже при относительно слабых ударах с глухим звуком.

Алмаз находится в кимберлите в виде отдельных кристаллов или сростков нескольких небольших кристаллов, а также плотных или ноздреватых агрегатов из множества мельчайших зернышек.

Концентрация алмазов в кимберлите довольно низкая – около одной миллионной доли от массы породы в самых богатых месторождениях. Но стоимость алмазов настолько велика, что его добыча окупает расходы даже при содержании полезного компонента в количестве лишь 4-5 стомиллионных долей и ниже.

«Трубки взрыва» представляют собой огромные жерла, реже крупные трещины в земной коре, заполненные кимберлитом. Диаметр жерл на уровне земной поверхности составляет 10-1500м, с глубиной трубка суживается и превращается в трещину шириной всего в несколько метров (рис. 10).

Самые богатые «трубки взрыва» расположены на севере Западной Австралии. Крупные месторождения алмазов имеются в ЮАР, Танзании, Индии, Бразилии, Канаде, Якутии (Россия).

19534  
Довольно много алмазов добывают из россыпей на юге Центральной Африки, в Западной Африке, Бразилии, Западном Предуралье (Россия), а также со дна океана у берегов юго-западной Африки (Батти, Принг, 2001). Большинство исторических алмазов найдено в россыпях (Индия, Бразилия, Конго, Ангола, Намибия).

Россыши алмазов известны также на островах Калимантан, Суматра, Ява, в Таиланде, в реках, дренирующих хребет Сьера-Невада и Каскадные горы, в Аппалачах, в Восточно-Австралийской складчатой зоне, на Урале (Трофимов, 1980).

В литературе имеется много сведений о том, что коренными источниками алмазов могут быть не только кимберлиты. Многочисленные находки алмазов из других пород подтверждают это (Геворкян, 1997; Каминский, 1984; Каминский, Геворкян, 1976; Каминский, Прокопчук, 1974; Кутыев, Кутыева, 1975; Кухаренко, 1955; Лукьянова и др., 1978; Милашев, 1972; Трофимов, 1980; Шестопапов, 1936; 1938; Шило, 1979; Camsell, 1911; Kaminsky, 2007 и др.).

### 2.1.3. Добыча алмазов

Первые алмазы, по-видимому, были найдены в россыпях еще в третьем тысячелетии до нашей эры в Индии, откуда они в 5 веке до н.э. попали в Грецию. В заметном количестве индийские алмазы в Европу стали поступать лишь в XIIIв. На протяжении многих веков Индия оставалась монополистом в поставке алмазов на мировой рынок.

В начале XVIIIв. (в 1725г.) крупные и богатые россыши алмазов были открыты в Бразилии, которая за короткий срок вышла на первое место в мире по

их добыче, опередив Индию и сохраняя первенство вплоть до середины XIXв. Большинство бразильских алмазов представляли собой первосортные кристаллы высочайшего класса, хотя и были небольшими по размерам. Однако и среди них оказались достаточно крупные кристаллы, завоевавшие мировую известность: “Звезда Юга”, “Звезда Египта”, “Звезда Минаса”, “Минас-Жерайс”, “Английский алмаз Дрездена” и “Президент Варгас”.

Лидерство Бразилии по добыче алмазов закончилось, когда в 1867г. на берегу р.Оранжевая (Южная Африка) был найден первый алмаз. Из него изготовили бриллиант “Эврика” весом 10,75 карат. Через несколько лет (в 1871г.) в русле реки впервые была найдена алмазосодержащая порода – “кимберлит”. С этого времени добыча алмазов стала “лицом” многих африканских стран, принесшая колоссальные богатства одним и несчастье и рабский труд – другим.

В 1902г. недалеко от Претории (Южная Африка) каменщик Куллинан открыл новое месторождение алмазов – трубку “Премьер”. На этом месторождении впоследствии был найден самый крупный в мире алмаз “Куллинан” массой 3106 карат.

В 1912г. были открыты богатейшие прибрежно-океанические россыпи алмазов на востоке Африки (Намибия), дающих до 20% мировой добычи, которые до сих пор не отработаны полностью.

Добыча алмазов из коренных месторождений и россыпей в XVIII – XIXвв. была сопряжена с большими трудностями и опасностями: ручной труд сотен и тысяч старателей на небольшом участке, частые обвалы стенок и кровли горных выработок, голод и болезни, драки и убийства с целью поживиться добычей более удачливых старателей – вот неполный перечень причин гибели многих тысяч добытчиков этого драгоценного минерала. Атмосфера приисков прекрасно описана Луи Буссенаром в его замечательном романе “Похитители бриллиантов” (1982, с. 3-4, 5-6).

*«Неприветливая» местность, голые скалы и множество зияющих глубоких ям делали прииск скорей похожим на каменоломни. Мельчайшая пыль, поднимавшаяся над разрытой землей, образовала густые тучи; временами она заслоняла солнце. Свежему человеку сразу бросалось в глаза бесконечное переплетение металлических тросов, соединявших дно каждой ямы с поверхностью земли. Под тросами, на блоках, беспрерывно поднимались наверх вместительные мешки из бычьей кожи, наполненные песком...*

*Вся местность напоминала огромную шахматную доску, каждая клетка которой имеет десять квадратных метров. Клетки нарезаны в богатой алмазами земле. На дне глубоких ям с усердием муравьев работают оборванные люди. Они роют, копают и просеивают размельченную землю. Их черные, белые или желтые лица покрыты грязью, пылью и потом. Кожаный мешок бежит вверх. Возможно, в нем лежит целое состояние... Нельзя смотреть спокойно, как беспечно люди толкают тачки по самому краю пропасти: достаточно одного неловкого движения, чтобы оступиться и полететь вниз. Но что значат довольно – таки нередкие несчастные случаи в глазах этих людей, охваченных алмазной лихорадкой! Время от времени происходит обвал, или обрывается камень, или падает вниз тачка. Раздается крик ужаса и боли и когда кожаное ведро снова поднимается на поверхность, в нем лежит изуродованное человеческое тело. Какое это имеет значение? Главное – алмазы! Гибель человека – происшествие незначительное» (с. 3-4).*

Описываемый прииск был обнаружен в Нельсонс-Фонтейне, расположенном на севере Капской провинции ЮАР, в 170км от р.Оранжевая. Крайне плохое оборудование и полное отсутствие каких бы то ни было удобств создали здесь невыносимые условия. *«Если бы не надежда быстро разбогатеть, люди вряд ли могли оставаться хотя бы несколько часов в этих душных ямах, да еще при сорокоградусном зное. Воды здесь нет. Ведро стоит франк и даже франк семьдесят пять. В лагере до отвращения грязно. Живут в жалких, раскачивающихся на ветру хижинах и изодранных в клочья палатках...*

*...Чем больше вывозят тряпья, лохмотьев, коробок из-под консервов, старых сапог и поломанных лопат и кирок, тем больше их вновь оказывается через каких-нибудь несколько часов. Люди пришли сюда в поисках богатства и нисколько не думают о самых элементарных законах гигиены. Режут скотину, а потроха и кости бросают прямо перед палаткой; потом приходят негры, китайцы или собаки, хватают все эти отбросы и с жадностью их поедают. Остатки валяются по всему лагерю.*

*Ни горловые, ни глазные болезни, ни злокачественные язвы, ни нарывы никого здесь не пугают, никто не думает о своем здоровье... Для этих одержимых весь смысл жизни выражен в одном слове: алмаз. Оно сверкает и гипнотизирует»* (с. 6-9).

На территории России первый алмаз массой в 0,5 карата был найден 4 июля 1829г. на Урале в Пермской губернии на Крестовоздвиженском золотом прииске 14-летним крепостным Павлом Поповым при промывке золота. За эту находку он получил вольную. Затем на этом же месте было найдено еще два небольших кристалла. За последующие 28 лет поисков на Урале был найден только 131 алмаз общим весом в 60 карат.

В Сибири первый алмаз весом в 2/3 карата был найден около города Енисейск в ноябре 1897г. на реке Мельничной. В дальнейшем поиски алмазов здесь не велись вплоть до 1948г., когда был найден следующий кристалл этого драгоценного минерала.

В 1954г. в Якутии была обнаружена первая в СССР кимберлитовая «трубка взрыва», названная «Зарницей». Первооткрывателем этой трубки была геолог Л.А.Попугаева. Через год были обнаружены трубки «Мир» (Амакинская экспедиция Ю.И.Хабардина) и «Удачная» (В.Н.Щукин).

Затем последовали новые открытия коренных месторождений алмазов: трубки «Айхал», «Комсомольская», «Юбилейная», «Интернациональная» и др., из которых компания АЛРОСА до сих пор добывает алмазы.

В 70х годах ХХв. крупное месторождение алмазов было открыто в Австралии – трубка «Аргайл». В 90х годах ХХв. коренные месторождения были найдены на севере Канады, из которых уже добываются алмазы.

Месторождения алмазов открыты также в Ботсване, Анголе, Сьерра-Леоне, Намибии, Конго (бывший Заир).

В 80х годах ХХв. были открыты месторождения алмазов в Архангельской области (Россия) – им. М.В.Ломоносова (шесть алмазоносных трубок) и месторождение им. В.Гриба. На первом месторождении с 2004г. ведется добыча алмазов.

В 2007г. в Якутии открыто крупное Верхне-Мунское месторождение алмазов с запасами в 3,5млрд. долларов. При добыче в 1,2-2 млн.т породы в год месторождения хватит на 25 лет. Это месторождение представляет собой три кимберлитовые трубки, расположенные в 130км от Удачинского горно-обогатительного комбината «Алрось».

По мнению директора Института геологии и минералогии СО РАН Н.П.Похиленко, есть перспективы открытия крупных месторождений алмазов на крайнем северо-западе Канады, в нижней части бассейна р.Маккензи на северо-западе Саскачевана, в северном Квебеке, в провинции Онтарио.

Следы алмазов найдены и на территории Армении. В разных породах (обломок оливиновой породы; аллювий рек, размывающих выходы гипербазитов; элювий и коллювий серпентинитов) за период 1972-1976гг. было найдено более 40 кристаллов алмаза и их осколков (Геворкян Р., Геворкян М., 2003).

Добыча алмазов – довольно трудный процесс. После открытия месторождения проходят годы до начала его эксплуатации, т.к. вначале необходимо подсчитать запасы алмазов в месторождении, подготовить месторождение к разработке, доставить технику и всевозможное оборудование, построить обогатительную фабрику и т.п.

В настоящее время добыча алмазов как на коренных месторождениях, так и из россыпей механизирована. Верхние горизонты алмазоносных кимберлитовых трубок обрабатываются открытым способом (Якутия), а глубокие горизонты – подземным (шахтным) способом.

На сегодняшний день главным поставщиком алмазов в мире является Африка. На долю Африки приходится 53% объема и 62% стоимости добытых в 2006г. во всем мире алмазов (табл. 1).

Таблица 1

Добыча алмазов в Африке в 2006г. (данные Кимберлийского Процесса)

Страна	В каратах	В долларах США	Средняя цена \$/карат
Ботсвана	34293401,0	3207570684,0	93,53
Конго (ДР)	28990241,43	431931171,00	14,90
ЮАР	14934706,23	1361816225,26	91,18
Ангола	9175060,73	1132514825,77	123,43
Намибия	2402477,34	900977934,05	375,02
Зимбабве	1046025,45	33853837,81	32,36
Гана	972647,88	30910703,33	31,78
Сьерра-Леоне	603556,07	125304842,46	207,61
Гвинея	473862,25	39884880,00	84,17
ЦАР	419528,35	59066866,49	140,79
Танзания	272161,41	25553133,25	93,89
Лесото	112408,46	83545876,40	743,23
Того	28176,00	3221570,00	114,34
<b>ИТОГО</b>	<b>93724252,60</b>	<b>7436152549,82</b>	
<b>Доля от мировой добычи</b>	<b>53%</b>	<b>62%</b>	

В 2006г. по добыче алмазов (по стоимости) первое место в мире занимала Ботсвана, второе – Россия. Самыми дорогими в 2006г. стали алмазы, добытые в Лесото – 743,23 доллара за карат, что связано с находками здесь на месторождении Летсенг ряда очень крупных кристаллов. Крупнейшим из них является 216-каратный бесцветный, без видимых дефектов алмаз стоимостью 8,26 млн. долларов. Это – самый крупный алмаз, найденный в XXI веке. Здесь же, в августе 2006г. был найден бесцветный алмаз весом 603 карат «Обещание Лесото» - 15-й в мире по величине. Он был продан в Антверпене за 12,4 млн. долларов. В настоящее время месторождение Летсенг принадлежит на 70% компании Gem Diamonds и на 30% - правительству Лесото.

По прогнозам через 10-20 лет центр добычи алмазов из Южной Африки переместится в центральную часть материка. Согласно данным агентства Рейтер, в Южной Африке в настоящее время алмазов добывается на сумму в 5,1 млрд долларов США, в Центральной Африке – 2,2 млрд., в Западной Африке – 0,34 млрд.

На начало 2012г. по объему добычи алмазов лидируют **Россия** (34,857 млн. карат), **Ботсвана** (22 млн. карат), **Конго** (20 млн. карат). По стоимости добытых алмазов список лидеров выглядит следующим образом: **Ботсвана** – 2,9 млрд. долл., **Россия** – 2 млрд. долл., **Канада** – 1,4 млрд. долл., **ЮАР** – 1,3 млрд. долл., **Ангола** – 1,2 млрд. долл.

#### 2.1.4. Крупные кристаллы алмаза

Наибольшую ценность имеют крупные кристаллы алмаза, которые встречаются крайне редко. Поэтому каждому крупному (более 50 карат – 1 карат равен 200мг) алмазу присваивается название.

Высокое содержание крупных кристаллов алмаза характерно для рудников поля Кимберли (Африка) – табл. 2.

Таблица 2

Встречаемость крупных кристаллов в некоторых алмазных рудниках поля Кимберли (по Дж.Б.Саттону – Милашев, 1976)

Название рудника	Средняя величина крупных кристаллов, караты*	Отношение общей массы крупных кристаллов к общей продукции, %	Число крупных кристаллов на 100000 карат
Кимберли	17,7	11,3	638
Дебирси	18,7	11,6	620
Дютойтспен	20,1	17,1	846
Весселтон	15,8	2,1	135
Бултфонтейн	15,0	0,9	58

\*Здесь за “крупные кристаллы” приняты камни массой 10 карат и более

От величины кристалла зависит стоимость алмаза. Для больших алмазов она определяется по формуле

$$C = 0,5p(p+2)Ц, \text{ где}$$

C – общая стоимость алмаза; p – масса кристалла в каратах; Ц – цена за один карат.

Согласно этой формуле, стоимость самого крупного в мире алмаза “Куллинан” массой 3106 карат (до обработки) при цене около 30 долларов США за 1 карат оценивалась в 145млн. долларов.

Среди найденных за все историческое время крупных кристаллов алмаза имеется несколько самых известных, знаменитых камней: “Куллинан” (3106 карат, ЮАР), “Эксельсиор” (995,2 карат, ЮАР), “Звезда Сьерра-Леоне” (969,8 карат, Сьерра-Леоне), “Президент Варгас” (726,6 карат), “Джонкер” (726 карат), “Юбилейный” (650,8 карат), “Дебирс” (428,5 карат), “Орлов” (400 карат), “Регент” (400 карат), “Коинур” (“Кох-и-нор”), “Премьер”, “Шах” и др.

Все эти крупные алмазы были найдены в период с начала XIV в. по конец XIX в. Самым древним среди “исторических” алмазов являются “Коинур” (“Кох-и-нор”) и “Регент” (Пит, “Питт”). Первое упоминание о “Коинуре” относится к 1304г. Лишь «Президент Варгас» был найден в 1938г.

В 70х годах XXв. было найдено сразу несколько крупных по размерам и уникальных по красоте алмазов: 968,9 карата (1971г., Кот-Д Ивуар – бывший Берег Слоновой Кости); 961,1 карата (1972г., Сьерра-Леоне); 616 карат (1974г., Южная Африка); 54,5 карата (Танзания, розовый алмаз уникальной красоты); 342,5 карата (декабрь 1980г., XXVI съезд КПСС, Якутия) – самый крупный алмаз, найденный за всю историю алмазодобычи в Якутии. Крупными алмазами, найденными в кимберлитах Якутии, являются также “50 лет Аэрофлота” (232 карата), “Мария” (105,98 карата), “Валентина Терешкова” (51,66 карата), “Горняк” (44,62 карата) и др.

За многими красивыми алмазами тянется кровавый след: убийства, самоубийства, психические расстройства, воровство, мошенничество и т.п. И все это ради овладения драгоценным камнем.

Дурную славу заслужили некоторые алмазы, найденные в Индии. Один из них – “Коинур” (“Кох-и-нор”). Легенда гласит, что 18 правителей Индостана, владевшие этим драгоценным камнем, были убиты. Многих предали, других изгнали и обрекли на голодную смерть. Большая часть правителей погибла в боях и сражениях.

“Коинур” (“Кох-и-нор”) был найден в Индии (нынешнем штате Андхра-Прадеш). Алмаз знаменит неповторимой игрой световых лучей (отсюда перевод его названия с санскрита – Гора света) и довольно крупным размером – 191 карат после первой огранки. Первым его владельцем был раджа княжества Гвалиора (XVI). Раджа подарил этот алмаз падишаху Хамаюну из династии Великих Моголов. Через некоторое время алмаз был перевезен в Афганистан, затем опять оказался в Индии, в городе Пенджаб.

В 1849 году, когда город Пенджаб был захвачен англичанами, принц Далин Сингх вынужден был отдать этот драгоценный алмаз генерал-губернатору Англии, который затем подарил его королеве Виктории.

Интересная история связана и с алмазом “Орлов”. В начале XVIII века он был выкраден французским солдатом из глаза индийского идола в Серингане. Затем он попал к шаху Надиру и был вставлен в его трон. После смерти шаха Надира “Орлов” был вторично выкраден и попал в Амстердам, затем в Россию. “Орлов” оценивался свыше 2 млн. рублей золотом. Он представляет большую историческую ценность, т.к. и до настоящего времени сохранил свою первоначальную индийскую огранку.

“Шах” (масса 88,7 карат) был найден в Индии в конце XVI века и вначале принадлежал Бурхан-Низам-шаху (1591г.) – правителю провинции Ахмаднагар. В 1595 году он был захвачен Великими Моголами. В 1641 году владельцем “Шаха” стал Джехан-Шах (внук Акбара, один из Великих Моголов). В 1738 году этот алмаз вместе с другими сокровищами Великих Моголов был захвачен покорителем Индии Надиром, а в 1824г. оказался уже в Персии. В 1829г. “Шах” был передан русскому правительству в качестве выкупа за убийство А.С.Грибоедова персидскими националистами.

Алмаз “Регент” (Пит, Питт) был найден в 1701г. на одном из приисков Голконды (Индия) невольником. Последний спрятал камень в рану у себя на ноге, а затем пытался продать его моряку, но был утоплен им. После этой трагедии алмаз попал к купцу из Персии Джамчунду, который продал его коменданту порта Святого Георгия в Мадрасе Вильяму Питту за 20,4 тысячи фунтов стерлингов.

В.Питт огранил в Англии этот камень в бриллиант (после огранки алмаз стал весить 104,5 карат) и продал его за 135 тысяч фунтов стерлингов герцогу Орлеанскому – регенту Франции. В честь нового владельца камня алмаз приобрел новое название – “Регент”. В дальнейшем был похищен, а позднее был куплен Наполсоном у одного из берлинских ювелиров. В настоящее время “Регент” находится в национальной коллекции Луврского музея в Париже.

Очень трагична история голубого алмаза (сейчас он называется “Надежда”). Он попал в Париж из Индии примерно в 1712 году и был куплен Людовиком XIV. Придворный ювелир Пито огранил его в виде треугольной пирамиды в 68 карат (первоначальный вес составлял 115 карат). По-видимому, эта форма стала причиной всех последующих неприятностей, связанных с этим алмазом, т.к. трехгранная пирамида, по свидетельству экстрасенса, генерирует вредоносную энергию. Людовик XIV украсил этой пирамидой свое жабо. Через 7 месяцев он умер.

Людовик XV умер от оспы через 5 лет после того, как велел вдеть этот алмаз в крест ордена Золотого руна, который он носил.

Последующие владельцы трехгранной алмазной пирамиды были убиты: графиня Дюбарри и королева Мария-Антуанетта в революцию 1789г. были гильотинированы, а княжна Ламбаль растерзана толпой.

В сентябре 1789г. алмаз был украден и затем объявился у голландского ювелира Гийома Фальса. Его украл собственный сын ювелира. От горя Фальс умер, а сын, терзаемый муками совести, утопился.

В 1820 году голубой алмаз был куплен английским королем Георгом IV, и через некоторое время король стал проявлять явные признаки умопомешательства. Бриллиант за бесценок был продан банкиру Хоупу, который назвал его “Надежда”. Хоуп проиграл “Надежду” в карты американцу Франкелю, который

вскоре обанкротился, а алмаз был продан с аукциона и попал к турецкому султану Абдул-Гамиду, который подарил его своей любовнице Зельме. Вскоре в припадке ревности он заколол ее кинжалом. В 1909 году султан был вынужден отречься от престола, вскоре сошел с ума и умер.

Следующий владелец алмаза грек Мантаридес свалился в пропасть вместе с женой и дочерью.

В 1941 году алмаз стал собственностью русского князя Калитовского: через 2 дня его труп нашли на парижской улице.

С 1958 года “Надежда” является собственностью коллективного владельца – Смитсоновского института (США).

### *2.1.5. Россыпи алмазов*

Алмазы из россыпей были известны еще с глубокой древности и поставлялись на мировой рынок из россыпей Индии. В VI-X вв. н.э. россыпи этого драгоценного камня индийцы открыли также в Индонезии на острове Калимантан.

Накопление алмаза в россыпях обусловлено его весьма высокой гипергенной устойчивостью ( $K_{г\text{у}} = 1,54$  – Шило, 1985) и относительно небольшим удельным весом. Алмаз самый твердый минерал, не растворяется в кислотах и щелочах, почти не выветривается и механически изнашивается очень слабо, не смачивается водой. Поэтому он сохраняется даже при многократном переотложении и в древних осадках.

В течение долгого времени доля россыпных алмазов в объеме мировой их добычи составляла около 50%, однако после начала эксплуатации австралийских лампроитов (с 90х годов XX века) эта доля уменьшилась до 20-25%.

В мировой добыче алмазов ведущее место в настоящее время принадлежит россыпи Бакванга (Конго), которая представляет собой, согласно Б.И.Прокопчуку (1979), новый генетический тип россыпей – россыпь подземной карстовой депрессии.

Хотя россыпи алмазов бывают всех генетических типов, первое место по распространенности и второе по запасам и добыче принадлежит аллювиальным россыпям, третье – прибрежно-морским и морским. При этом, по содержанию высокосортных (ювелирных) камней лидируют прибрежно-морские россыпи (90-95%), на втором месте – аллювиальные (от 20-70 до 90%). В карстовых россыпях Бакванги преобладают технические алмазы (доля ювелирных камней не более 5%). Отсюда, цена 1 карата алмаза из карстовых россыпей Конго составляет всего 3-8 доллара (самая низкая), из аллювиальных россыпей в 2-5 раза, а из прибрежно-морских в 5-8 выше средней стоимости алмаза из кимберлитов и лампроитов и колеблется в пределах от 3-10 до 50 – 60 долларов (Россыпные месторождения..., 1997).

Добыча алмазов из россыпей в России незначительна (менее 5%), но именно в россыпях отмечается наибольший процент выхода высокосортных камней.

### 2.1.5-а. Генетические типы россыпей алмазов

**Элювиальные россыпи** известны на выходах алмазонасных конгломератов: Гана (район Кавере), Кот-Д'Ивуар (бывш. Берег Слоновой Кости - Тортя), ЮАР (трубки "Премьер" и "Финч"), Бразилия (Сопа и Махакубас), Якутия. Все эти россыпи мелкие и имеют небольшое промышленное значение.

Большой известностью пользуется элювиальная россыпь трубки "Мабука" (Танзания), представленная щебенисто-глинистыми образованиями, очень богатыми алмазами (рис. 11).

**Делювиальные россыпи** алмазов имеются в Африке (трубка "Де-Бирс", ЮАР; Бакванга, Конго) и Якутии (солифлюкционные россыпи). Среднее содержание алмазов в делювиальных россыпях Африки составляет 2,57 – 3,02 карата в 1м<sup>3</sup> породы (Прокопчук и др., 1976), при этом алмазы мелкие. В целом промышленное значение делювиальных россыпей алмазов невелико.

**Ледниковые россыпи** известны в штатах Висконсин и Мичиган (США) – алмазонасные морены; в округе Диамантина (Бразилия) – алмазонасные моренные (?) конгломераты; тиллиты Двайка. Эти россыпи в целом небольшие и убогие по содержанию алмазов.

**Пролювиальные россыпи (остаточные россыпи "сухих" рек)** – известны в Намибии (русловые и террасовые россыпи "сухих" рек, дающие 0,5% мировой добычи алмазов) в нижнем течении рр. Оранжевая, Буффелье, Олифантс и др.

Скопление зерен тяжелых минералов в таких россыпях происходит в тонком плаще поверхностного щебня, оставшегося на месте уничтоженных ветром обломочных наносов. Классическим примером такой россыпи являются алмазные россыпи района Намиб (Намибия) (рис. 12).

Вместе с алмазами здесь накопились зерна и других тяжелых минералов: золота, магнетита, шпинели, граната, корунда, ильменита, циркона, турмалина и др. Одновременно происходило частичное перемещение самих алмазов и сопутствующих им минералов, некоторая сортировка их по размерам в зависимости от характера препятствий на пути перемещаемого ветром материала.

Сходные по условиям формирования остаточные россыпи есть в Казахстане, Китае, Монголии, Австралии и других районах.

Остаточная россыпь, сформированная на пролювиальных отложениях, известна также в бассейнах рр. Вааль и Оранжевая. Это – знаменитые алмазные россыпи Лихтенбург-Вентерсдорп в ЮАР (рис. 13).

Здесь плохо отсортированные щебенисто-галечные образования (отложения «сухих» рек плиоценового возраста) местами смещены в карстовые понижения, частично переработаны текучими водами. Процесс обогащения сухоречных отложений происходил путем выветривания и сокращения массы наноса (удаление ветром). В результате поверхностный слой оказался резко обогащенным алмазами (рис. 14).

**Аллювиальные россыпи** представлены русловыми, косовыми, долинными и террасовыми разновидностями. Б.И.Прокопчук (1979) подразделяет их на:

- россыпи очень крупных транзитных рек – Ганг, Оранжевая, Конго;
- россыпи крупных рек – р. Касаи (Конго);
- россыпи рек средних размеров – рр. Касаи, Бонза, Вааль (Африка).

- россыпи мелких рек и ручьев – россыпи притоков р.Касаи.

Аллювиальные россыпи алмазов имеют весьма широкое распространение и характеризуются повышенным качеством алмазов, связанных с их вторичной сортировкой. Максимальная добыча алмазов из аллювиальных россыпей отмечается в Гане по притокам рр.Бирим и Супонг. Протяженность отдельных алмазоносных участков здесь составляет 13-14 км, чаще – 6-8км, а протяженность промышленной россыпи – 1-2км, ширина промышленной части от 75-90м до 300-360м (чаще 150-200м). Общая мощность россыпи составляет 3-4м, а алмазоносного слоя – 0,6-1м. Среднее содержание алмазов достигает 2,5карат/м<sup>3</sup>. В других районах Африки содержание алмазов в аллювиальных россыпях меньше, чем в Гане: Конго – 0,5-0,6кар./м<sup>3</sup>; Ангола – 0,48- 0,52кар./м<sup>3</sup>; Сьерра-Леоне – 1,01 - 1,18 кар./м<sup>3</sup> (Прокопчук и др., 1976).

Аллювиальные россыпи алмазов известны также в Южной Америке и Азии. В Бразилии разрабатываются более 40 россыпей (в основном в штате Минас-Жерайс) при помощи драги (среднее содержание алмазов здесь 0,013 кар./м<sup>3</sup>) – в год добывается 30000 карат (Прокопчук и др., 1976). В Венесуэле аллювиальные россыпи связаны с древней и современной речной сетью. Аллювиальные россыпи алмазов есть также в Гайане, Индии, Индонезии (в последней среднее содержание алмазов в россыпях не превышает 0,2кар./м<sup>3</sup>).

Русловые алмазоносные россыпи широко распространены в Южной Африке, Конго и имеют большое практическое значение.

Характерными для алмазов являются также террасовые и долинны россыпи, нередко имеющие промышленное значение. Распределение алмаза в аллювии неравномерное, часто случайное, продуктивным может быть весь песчано-галечниковый слой, без особого обогащения его приплотиковой части. В плане долинная россыпь имеет кустовое распределение алмазов и в целом обычно занимает всю ширину долины и может обладать большой длиной.

Хорошим примером русловой и долинной россыпей могут служить алмазоносные россыпи р.Койвы (Россия) – рис. 15.

Здесь в отложения I надпойменной террасы вложен аллювий поймы.

Комплекс русловых россыпей широко распространен в долинах р.Вилой и его притоков. По р.Вилой береговые алмазосодержащие отмели имеют длину 2-13км, мощность галечников 1-4м. Длина косовых россыпей здесь составляет от нескольких сотен метров до нескольких километров при ширине от 50 до 350м. Собственно русловые россыпи вытянуты вдоль реки на десятки километров, ширина их достигает 200м, а мощность алмазосодержащих галечников – 1-1,5м (Божинский, 1965).

Алмаз образует богатые косовые россыпи, не уступающие по содержанию полезного компонента собственно русловым россыпям. Алмазы обычно распределены по всей толще косовых отложений.

Среди аллювиальных россыпей алмазов отмечаются россыпи с трехчленным делением аллювиальной толщи и обогащением нижнего слоя песков полезным компонентом, а также россыпи с двухчленным делением аллювия с небольшой общей мощностью отложений.

Аллювиальные россыпи алмазов выделяются рядом особенностей (Воскресенский, 1985):

- россыпи алмазов приурочены к возвышенным равнинам и плоскогорьям – денудационным равнинам (Среднесибирское плоскогорье, южная часть Африки, плоскогорья Бразильское и Декан);
- незначительное количество россыпей алмазов приурочено к территориям с горным рельефом (о-в Калимантан, Восточно-Африканская рифтовая зона); в горных областях осуществляется достаточно быстрый вынос “пустой породы” и относительно замедленный снос кристаллов алмазов с их концентрацией на “удобных” участках;
  - грани алмаза не смачиваются водой, что уменьшает возможность переноса, делая его как бы более тяжелым; несмачиваемость граней препятствует также прилипанию алмазных зерен к крупным обломкам и уменьшает возможность его переноса в прикрепленном состоянии;
  - при поисках алмазов большое значение имеет изучение распределения в аллювии минералов – спутников; к спутникам алмаза относятся пироп, пикроильменит и хромшпинелиды; по минералам-спутникам можно оценить относительную удаленность от коренного источника и потенциальную алмазоносность кимберлитовых тел;
    - в африканских россыпях промышленного значения среднее содержание алмазов на пласт составляло 0,5-1,0 карат, т.е. 100-200 мг/м<sup>3</sup>; обычно обогащенные слои приурочены к приплотиковым частям разреза;
    - отмечаются резко повышенные содержания алмаза в углублениях плотика – до 100 и даже 1000 карат на 1 м<sup>3</sup>;
    - по толще аллювия распределение алмазов крайне неравномерное;
    - отмечаются несколько повышенные содержания алмазов в аллювии поймы и низких террас по сравнению с высокими террасами;
    - наиболее богаты алмазами верхние части кос и приверхи островов и др.

Б.И.Прокопчук (1979) отмечает еще одну особенность аллювиальных алмазов – почти полное отсутствие окатанности и нахождение в россыпи в основном в виде мелких кристаллов массой 0,1-0,4 карат (реже - 1 карат), их сростков и обломков.

**Прибрежно-морские россыпи** эксплуатируются на побережье Атлантического океана в ЮАР (россыпи морских террас Намакваленда и Намибии). Они дают 5,4% мировой добычи алмазов.

В ЮАР разрабатываются россыпи устьев “сухих” рек (Буффелье, Олифантс, Грен и др) на известных месторождениях Стоакхоук, Дрейерс Пан, Лангхутте, Коингнаас со средним содержанием алмазов 0,25- 0,55 кар./м<sup>3</sup> и годовой добычей до 0,49млн. карат.

В Намибии разрабатываются россыпи по всему побережью от устья р.Оранжевая до устья р.Кунене. Россыпи здесь подразделяются на:

- прибрежно-морские (beach), расположенные на удалении до 3х километров от берега на высоте до 35м (среднее содержание алмазов в этих россыпях достигает 0,26кар./м<sup>3</sup>);
- морских террас (onshore);
- полосы прибоя;
- отливов и приливов (foreshore);
- расположенные за зоной прибоя (offshore) (Прокопчук и др., 1976).

Прибрежно-морские алмазные россыпи Намибии были выявлены еще в 1908 году. Их разработка вначале осуществлялась из прибрежных террас выше современного уровня океана, а затем из подводных осадков внутреннего шельфа. А.А.Левинсон (Levinson, 1992) запасы алмазов в россыпях Намибии оценивает в 1,5млрд карат (из них до сегодняшнего дня извлечено уже почти 200 млн. карат).

Участок берега Атлантического океана протяженностью более 1500км от залива St.Helena Bay в Южной Африке (в 200км севернее города Кейптаун) до залива Conception Bay (в 200км южнее залива Walvis Bay) известен в Намибии как **алмазный берег** (рис. 16).

Формирование богатой россыпи алмазного берега связано с перемывом дельтовых отложений р.Оранжевая вдольбереговым течением, направленным с юга на север (Rogers et al., 1990), что подтверждается находками большинства кристаллов алмаза севернее устья р.Оранжевая и постепенным уменьшением размеров алмазов в этом же направлении от устья (Sutherland, 1982; Schneider, Miller, 1992).

Прибрежно-морские алмазные россыпи Южной Африки относятся к россыпям дальнего сноса и переотложения. Реки эродировали здесь меловые кимберлитовые тела, а также более древние трубки и ледниково-осадочные отложения (тиллиты свиты Dwyka, отложения кембрий-ордовикского возраста серий Gariep, Table Mountain, Nama) и выносили алмазы на побережье, где последние в течение последних 80млн. лет подвергались сортировке под воздействием прибрежно-морских и эоловых процессов. В результате этого все дефектные кристаллы были разрушены, и в россыпи накопились наиболее высокосортные алмазы, поэтому извлекаемые из нубийских прибрежно-морских россыпей драгоценные камни имеют очень высокое качество. В россыпи преобладают алмазы формы округлых додекаэдров. Плоскогранные октаэдры относительно редки и встречаются в основном в крупных классах.

Поверхность алмазов имеет следы транспортировки и длительного пребывания в зоне прибоя: кольцевые и дисковидные трещины выкрашивания, отбитые вершины и ребра, абразивную матировку на ребрах и гранях. Эта же активная гидродинамическая обстановка, в которой происходила сортировка и механическая обработка кристаллов алмазов, уничтожила почти все минералы-спутники алмазов, сохранились лишь окатанные почти до шариков единичные зерна граната и хризоберилла (Шмаков, Божко, 2008).

В.С.Трофимов (1967) отмечает максимальную изношенность кристаллов алмазов прибрежно-морских россыпей, оказавшихся в зоне прибоя в так называемых “исполиновых котлах”, например, в бухте Клейнзее (Южная Африка). Вращаясь вместе с песком и галькой в таких котлах, алмазы утратили свою первоначальную кристаллографическую форму и стали похожи на матовые шары.

Донные россыпи на юго-западном побережье Африки залегают на глубинах от 30 до 120м. Они характеризуются высоким содержанием алмазов (в среднем до 5 карат на 1т и максимум до 14 карат), которое в 5 раз выше, чем в береговых россыпях (Васильчиков, 1963); высоким их качеством (содержание ювелирных алмазов достигает 99%) – на их поверхности нет ни одной царапины; отсутствием над алмазоносным пластом вскрыши, что облегчает и удешевляет их разработку. Установлено, что алмазы приурочены к линзам песчано- гравийных отложений шельфа в виде двух зон:

- первая зона – ширина 1,5км, глубина – не более 30м;
- вторая зона – глубина 60-90м, мощность россыпи местами достигает нескольких десятков метров.

Наиболее богаты россыпи в окрестностях устья р.Оранжевая. Общие запасы подводных россыпей Юго-Западной Африки составляют 20 млн. карат. Их добыча экономически более выгодна, чем разработка месторождений на суше. Предполагается, что после обработки сухопутных месторождений эти донные морские россыпи будут основным источником добычи алмазов (Нурок и др., 1970).

**Эоловые россыпи алмазов** известны в пустыне Намиб (Кауказибталъ) и связаны с ветровой переработкой пролювиальных (сухоречных) отложений, о которых говорилось выше, а также на участке между Чамейс Бей (Chameis Bay) и Людериц Бей (Luderitz Bay) – легендарная россыпь Идатель, где в начале XX века алмазы собирали вручную с поверхности земли, причем в ночное время, когда их освещала Луна (Kaizer, 1926) (рис. 17),

Эоловые россыпи алмазов на западном побережье Южной Африки характерны не только между Chameis Bay и Walvis Bay, но и для северного района от Cape Fria до реки Кипепе. Концентрация алмазов происходит здесь в дефляционном поясе шириной до 15км. В ветровом "коридоре" (дефляционные ванны и депрессии глубиной до 120м) создаются активные динамические условия, позволяющие при сильных ветрах частицам диаметром до 2мм скачкообразно передвигаться. Тяжелые минералы (в том числе алмазы) перемещаются волочением и перекачиванием, при этом происходит эоловая их сортировка как по крупности, так и по удельному весу, а также по форме.

Богатые эоловые алмазные россыпи расположены вдоль ветрового коридора на протяжении почти 200км. Кристаллы алмазов в этих россыпях отличаются хорошей сортировкой по размеру и форме. И.И.Шмаков и Е.Н.Божко (2008) отмечают в центральных районах побережья Намибии преобладание округлых изометричных и удлинённых алмазов весом около 0,25-0,4 карат; значительное количество алмазов с равномерно приполированной поверхностью как результат бомбардировки песчаными частицами, а также "... так называемые ветрограники, гальки устойчивых пород, первоначально округлых, но огранённых и угловатых в результате длительной однонаправленной ветровой эрозии" (с. 124).

**Россыпи подземных карстовых пещер** – россыпи Бакванги (Конго) с более высоким содержанием алмазов, чем в коренном месторождении кимберлитовой трубки "Айхал". Но эти алмазы невысокого качества – преобладают технические алмазы, а доля ювелирных не превышает 5% (Россыпные месторождения..., 1997).

## 2.1.5-б. Общие замечания к алмазам из россыпей

Б.И.Прокопчук (1979) отмечает ряд характерных черт алмазов из россыпей:

- их более высокую сортность, чем алмазов из коренных источников;
- нехарактерность окатывания для аллювиальных алмазов;
- дифференциацию кристаллов по массе, размеру и форме;
- примерно одинаковую сортность алмазов в элювиальных, делювиальных и пролювиальных россыпях;

- более высокую сортность алмазов в аллювиальных россыпях и самую высокую – в прибрежно-морских.

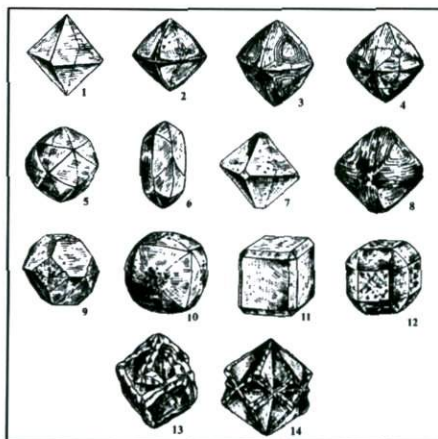
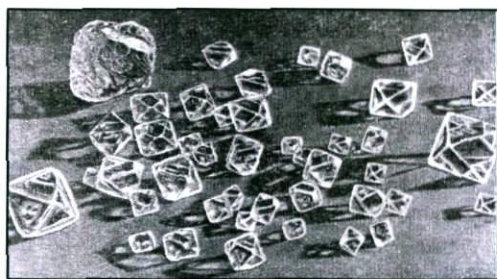


Рис. 7. Формы кристаллов алмаза (Ферман, 1955): плоскогранные октаэдры (1, 2), переходные формы октаэдры – додекаэдры (3, 4), типичные додекаэдры (7-12), крестовидные прорастания (двойники) кубических кристаллов (13, 14)

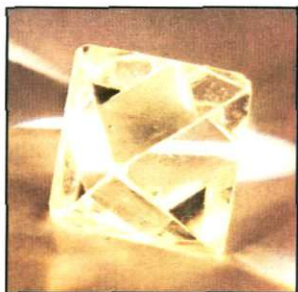


а



б

Рис. 8. Якутские алмазы: а – неотлифованные кристаллы, в группе которых выделяются крупные именные алмазы: «Мария» (105, 98 карата), «Валентина Терешкова» (51, 66 карата), «Горняк» (44, 62 карата), Алмазный фонд России (Милашев, 1976); б – кристалл алмаза, 15мм, Мирный (Якутия) (Корбел, Новак, 2004)



а



б



в

Рис. 9. Кристаллы алмаза: а – «Горняк» (44,6 карата), б – «50 лет КПСС» (71,5 карата), в – «Орлов» (189,62 карата) (Самсонов, Туринге, 1984). Алмазный фонд России

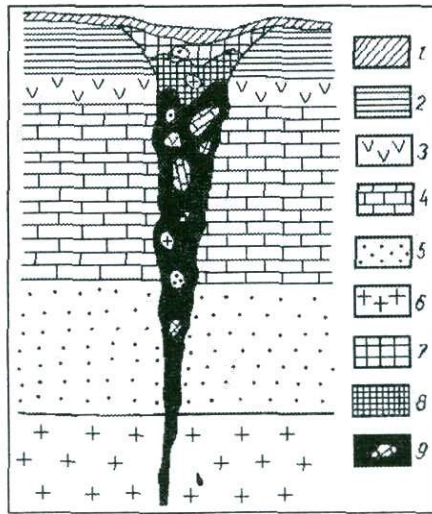


Рис. 10. Схематический вертикальный разрез алмазонасной кимберлитовой трубки взрыва (Милашев, 1976): 1 — рыхлые наносы (глина, песок), 2 — глинистые сланцы, 3 — диабаз, 4 — известняк, 5 — кварциты, 6 — граниты и другие особо прочные породы, 7 — "желтая земля" (глинистая масса, представляющая собой конечные продукты выветривания кимберлита), 8 — "синяя земля" (сильно выветрелый кимберлит), 9 — алмазонасный кимберлит с обломками прорванных взрывами окружающих горных пород)

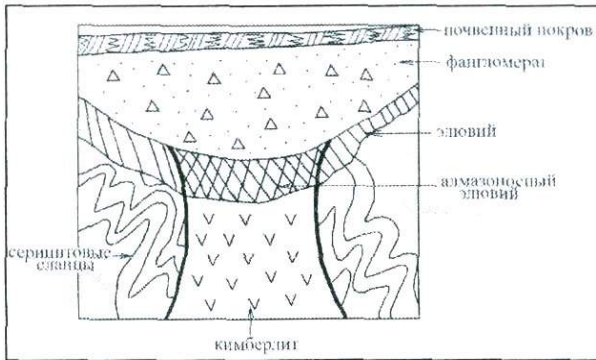


Рис. 11. Поперечный разрез трубки "Мабука"

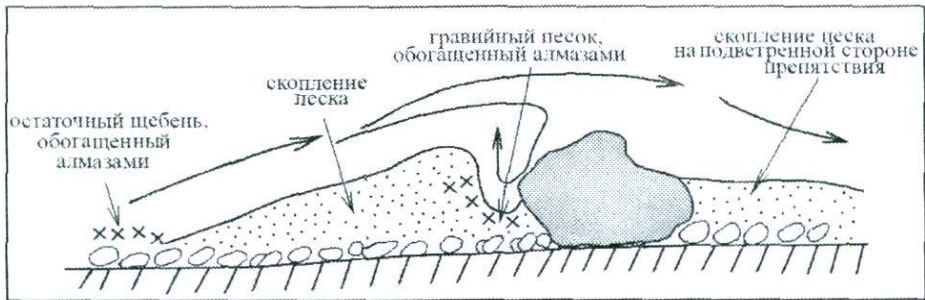


Рис. 12. Концентрация алмазов в остаточном щебне и вблизи препятствия при переработке пролювиальных наносов ветром (Намибия)

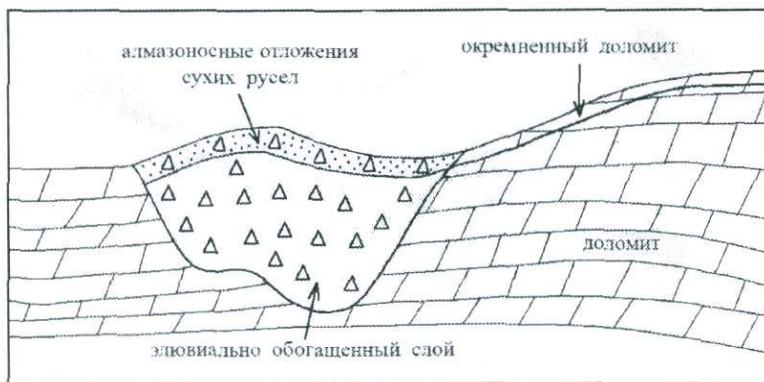


Рис. 13. Схема геологического строения алмазонасной россыпи Руикте-Лаагте, Лихтенбург (ЮАР)

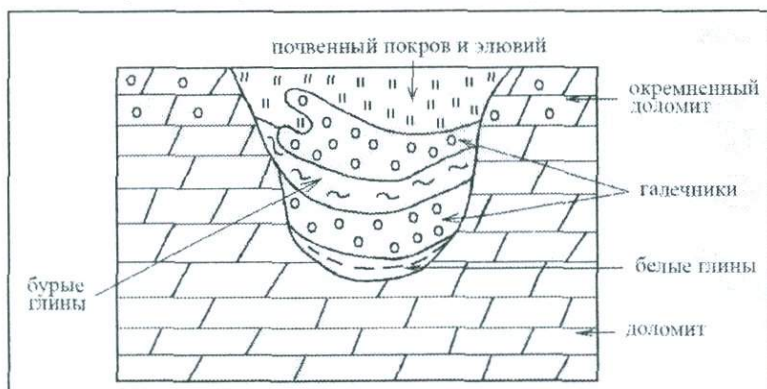


Рис. 14. Алмазные «сухоречные» отложения древних русел. Россыпь Ринкте-Лаагте (ЮАР)

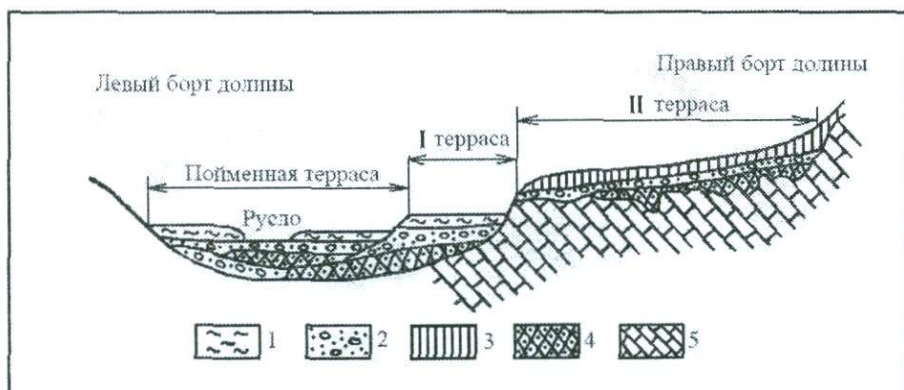


Рис. 15. Схема строения алмазонасной россыпи р.Койвы (Божинский, 1965);  
 1 – песчано-иловые отложения поймы; 2 – глинисто-песчано-галечниковые отложения;  
 3 – делювиальные суглинки; 4 – алмазонасный пласт; 5 – коренные породы

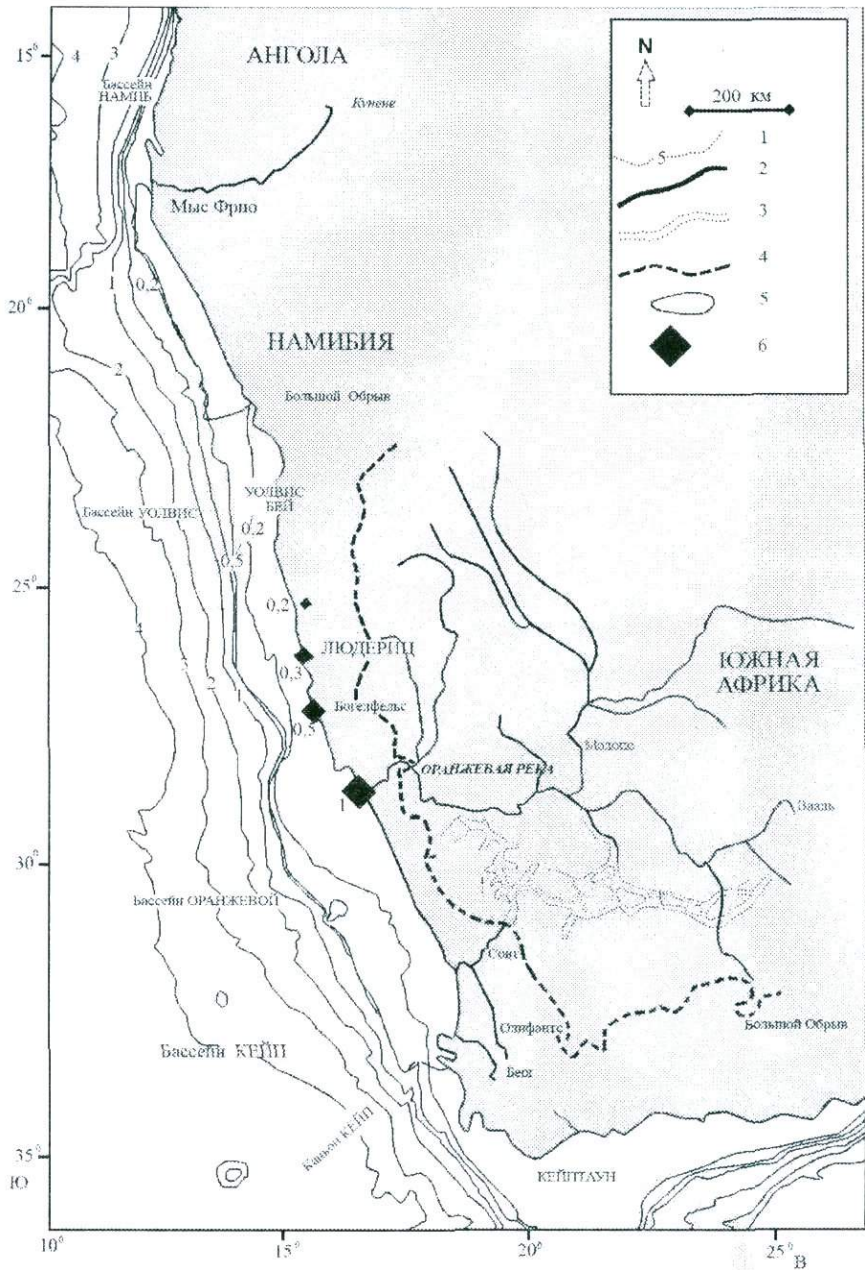


Рис. 16. Обобщенная карта западного побережья Южной Африки (обобщенные данные из Dingle, 1983; De Wit, 1999): 1 – глубины (изобаты в километрах); 2 – главные реки; 3 – палеоречные каналы; 4 – Большой Обрыв; 5 – предполагаемые контуры продолжения подводных россыпей алмазов; 6 – средние размеры алмазов (караты на камень) (Шмаков, Божко, 2008)

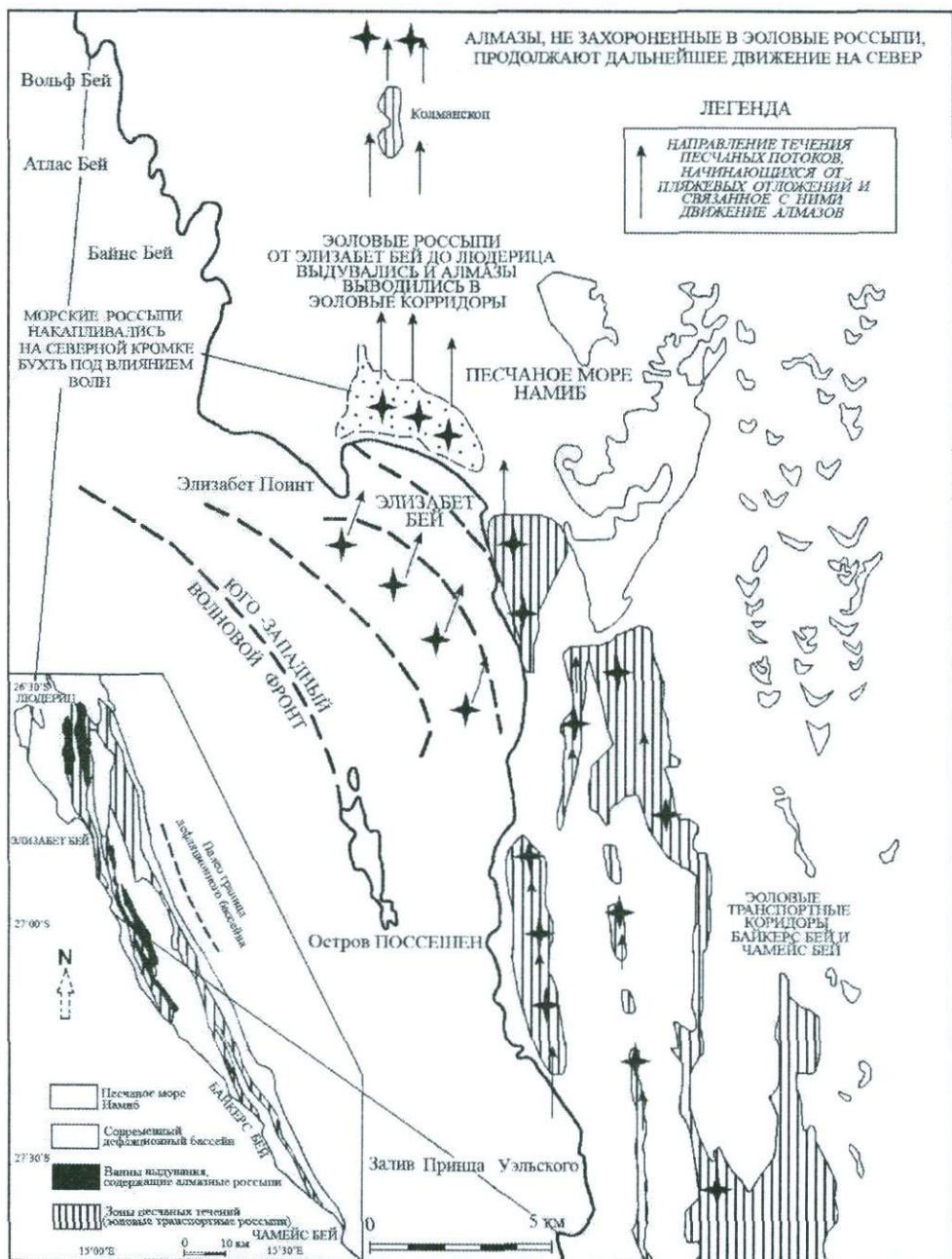


Рис. 17. Дефляционный ветровой бассейн между заливами Chameis Bay и Luderitz bucht (Corbett, 1996)

## 2.2. Рубин и сапфир

Рубин и сапфир являются прозрачными, красиво окрашенными разновидностями корунда и используются в качестве драгоценных камней.

**Рубин** (латин. “rubens” – краснеющий, красный) – прозрачная красная (темно-красная) разновидность корунда, а **сапфир** (греч. “сапфирос”- голубой) – прозрачный синий (иногда розовый, желтый, зеленый) корунд. Удельный вес 4,0–4,1г/см<sup>3</sup>; твердость 9. Встречаются в виде длиннопризматических до бочонкообразных кристаллов, окатанных зерен (рис. 18).

Рубин и сапфир, как и обычный корунд (санскр. “Kuruwinda” – рубин), представляют собой минерал состава  $Al_2O_3$ , т.е. относятся к классу окислов.

Коренные источники корундовых россыпей связаны с магматическими породами и подразделяются на три класса: магматический (в щелочных базальтах и лампрофирах), пневматолитово-гидротермальный (магнезиально-кальцитовые и силикатные скарны) и метаморфогенный (кристаллические сланцы и гнейсы гранулитовой и высоких ступеней амфиболитовой фации метаморфизма) (Россышные месторождения..., 1997). В то же время большая часть известных в мире корундоносных экзогенных месторождений (знаменитые рубиновые россыпи Северной Мьянмы – слои “бион”, сапфировые россыпи Шри-Ланки – слои “иллам”) связаны со скарновой формацией.

Крупные кристаллы сапфира весом до 20кг встречаются в Ратнапуре и Ракване (Шри-Ланка), а кристаллы рубина длиной до 50мм – в Джегдалеке (Афганистан), Могоке (Мьянма), Лук-Иене (Вьетнам). Сапфир и рубин встречаются также в россыпях в Австралии, Таиланде, Шри-Ланке, Индии и др. Коренные месторождения есть в Бразилии, Греции, Казахстане, на Урале.

Устойчивы по отношению к кислотам.

Красная окраска рубина связана с примесью хрома, а синяя сапфира – с содержанием железа и титана.

Рубин и сапфир можно получать и искусственно плавлением  $Al_2O_3$  при очень высокой температуре (выше 2040<sup>0</sup>С). Для получения рубина добавляют до 2,5%  $Cr_2O_3$ , а сапфира – Fe и Ti (Геол. словарь, т. 1, 1960, с. 345).

## 3. Минералы – драгоценные камни второго класса

### 3.1. Топаз, берилл, хризоберилл, пироп, альмандин, демантоид, гроссуляр

**Топаз** (санскр. «tapas» - огонь или, согласно Плинию Старшему, от названия о-ва Топазиос в Красном море) – минерал состава  $Al_2SiO_4 (F,OH)_2$ . В мелких зернах и кристаллах обычно бесцветный, реже окрашен в желтоватый, голубоватый, зеленоватый и бледно-розовый цвет. Блеск стеклянный, на поверхности окатанных зерен часто матовый. Прозрачен, в окатанных зернах полупрозрачен или просвечивается. Удельный вес – 3,6г/см<sup>3</sup>; твердость 8. Хрупок, раздавливается средне или с трудом. В кислотах нерастворим.

Зерна, смоченные  $Co(NO_3)_2$  после прокаливания, приобретают голубовато-синюю окраску.

В осколках и окатанных зернах сходен с кварцем, баритом, апатитом, бериллом, иногда с цирконом и шпинелем. Отличается легко по оптическим свойствам.

Встречается в виде хорошо сформированных призматических до таблитчатых кристаллов, радиально-лучистых агрегатов, зерен (рис. 19).

По происхождению магматический в пегматитах и гранитах; гидротермальный в грейзенах, липаритовых полостях, кварцевых жилах. В пегматитах кристаллы топаза достигают размеров в несколько метров. Крупные кристаллы были найдены в Забайкалье (1840г., прозрачный винно-желтый топаз массой 13,1кг), на Урале (1911г., малопрозрачный зеленовато-голубой правильный кристалл массой 32кг), на Волынском месторождении Украины (1966г., один из крупнейших в мире, массой 117кг) – Самсонов, Туринге (1984), а также в Минас-Жерайсе (Бразилия), в оловянных жилах Северной Ирландии (Корбел, Новак, 2004).

Топаз – сравнительно обычный минерал россыпей, особенно в районах распространения лейкократовых гранитов, гранитных пегматитов, грейзенов, высокотемпературных кварцевых жил, кислых эффузивов. Как сопутствующий минерал встречается в оловянных, оловянно-вольфрамитовых, танталит-колумбитовых россыпях, а также образует россыпи ближнего сноса совместно с бериллом или входит в состав ряда комплексных россыпей ювелирных (драгоценных) камней вместе с аквамаринном, гранатом, турмалином и др. Известны самостоятельные древние россыпи топаза на участках развития мезозойской коры выветривания пегматитов на Украине – элювиально-склоновые россыпи площадью более 30 тыс.м<sup>2</sup> (Словарь по геологии россыпей, 1985).

**Берилл** (греч. “бэриллэс” - берилл) – силикат бериллия и алюминия  $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$ . Нередко содержит примеси  $FeO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $V_2O_5$ , щелочи (до 6%). Разновидностями берилла являются *изумруд* (перс. *zummurud* – яркозеленый берилл с  $Cr_2O_3$ ), *аквамарин* (aqua – вода, marinus – морской; зеленовато-голубой, голубовато-зеленый берилл), *воробьевит* или *марганит* (розовый, цезиевый берилл), *гелиодор* (гэлиос – солнце; дорон – дар; золотистый берилл с небольшим содержанием окиси железа), *гошенит*. Все они относятся к драгоценным камням второго класса, за исключением изумруда (первый класс). Берилл бывает также желтым, желто-зеленым, бесцветным. Распространенность берилла в природе средняя.

Удельный вес составляет 2,6-2,9г/см<sup>3</sup>; твердость – 7,5-8.

Встречается в россыпях ближнего сноса в районах развития гранитных пегматитов, а также грейзенов, кварц-вольфрамитовых и кварц-касситеритовых жил. Обычно имеет вид неправильных осколков, угловатых и слабоокатанных зерен. Редко встречается в виде ограненных кристаллов (рис.20).

Месторождения берилла известны в Ильменских горах (Урал), Забайкалье, ЮАР, Колумбии, Бразилии, горах Блэк-Хилс (США), Австралии, Португалии, ФРГ, на Мадагаскаре.

Представляет собой главную руду бериллия (содержание  $BeO$  более 14%), применяется как драгоценный камень. Берилл находит широкое применение в качестве легирующего металла (берилловые стали, материал для космических кораблей, ибо он легче алюминия).

Ввиду своей относительной устойчивости в коре выветривания и при транспортировке берилл может накапливаться в элювиальных, склоновых и аллювиальных (в верхних частях речных долин) россыпях совместно с топазом, горным хрусталем, турмалином и другими минералами. Россыпи являются важным промышленным типом месторождений ювелирного берилла. Совместные россыпи топаза и берилла известны на Мадагаскаре, Бразилии (Оуру-Прету, Виларикаэ) – элювиальные и элювиально-склоновые россыпи; белые галечники “касальхо” месторождения Педра-Асул в штате Минас-Жерайс в Бразилии – аллювиальные россыпи.

**Хризоберилл** (греч. “хрисос” – золото, по цвету) – минерал состава  $BeAl_2O_4$ . Его разновидностями являются *александрит* ( $Cr_2O_3$  составляет 0,36%, цвет изумрудно-зеленый при дневном и фиолетово-красный при искусственном свете) и *цимофан* (греч. “кима” – волна) или “*кошачий глаз*”. Хризоберилл более редкий минерал, чем берилл. Обычно он желтого, желто-зеленого, сине-зеленого цвета.

Удельный вес 3,75-3,8г/см<sup>3</sup>; твердость 8,5.

Весьма устойчив по отношению к кислотам.

Встречается в виде тонко- до толстотаблитчатых кристаллов, часто – круговых сростков. Крупные кристаллы известны по находкам в Бразилии, Чехии, Зимбабве, Шри-Ланке, на Мадагаскаре, Урале (рис.21).

Александрит относится к драгоценным камням первого класса.

Хризоберилл нередко встречается в россыпях вместе с другими минералами, но самостоятельных россыпей не образует.

**Пироп** (греч. “пиропос” – подобный огню, пламенеподобный) – магнезиально глиноземистый гранат  $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ . Содержит не менее 20% железистого компонента, а также примеси Сао и  $Cr_2O_3$ . Цвет красный до лилово-красного, светло-лиловый, черно-коричневый. Наиболее ценными являются рубиново- и кроваво-красные пиропы, оранжевые и желтые разновидности ценятся ниже. Пироп относится к высокотемпературным, магматическим минералам, встречается в ультраосновных породах (кимберлитах, перидотитах, пироксенитах), образует значительные концентрации в россыпях, в которых ассоциирует с диопсидом, магнетитом и алмазом. Является характерным минералом – спутником алмаза в россыпях, связанных с кимберлитами.

Удельный вес 3,6-3,86г/см<sup>3</sup> (Словарь по геол. россыпей, 1985) – 3,5г/см<sup>3</sup> (Корбел, Новак, 2004); твердость 7-7,5. В гипергенных условиях неустойчив.

Блеск меняется от стеклянного до смолистого; излом раковистый, неровный.

Встречается в виде изометричных кристаллов, округленных шероховатых зерен с вогнутыми гранями (рис. 22).

Самые крупные пиропы (468,5 и 633,4 карата) были найдены в делювии (Чехия).

Известны промышленного содержания элювиально-делювиальные россыпи пироба в ЮАР, США, Чехии (“пиропоносные галечники” Средне-Чешских гор), а также долинные и террасовые его россыпи в Якутии (пиропоносные россыпи), на р.Вааль в ЮАР (россыпи “капского рубина” (Словарь по геол. россыпей, 1985, с. 139). Извлекают пироп также из алмазоносных кимберлитов Восточной и Южной Африки, Якутии (Самсонов, Туринге, 1984).

Пироп является также индикатором коренных источников алмаза, при поисках которого применяется так называемый метод “пироповой съемки”.

Ювелирные разновидности пироба составляют самостоятельный полезный компонент россыпей, получающих питание от эруптивных базальтовых брекчий (богемские пиробы Чехии, россыпи пироба Шаварын-Царама в Монголии), а в качестве попутного минерала пироп извлекают из алмазных россыпей Кимберли, Премьер, Вааль (все в ЮАР). На о-ве Шри-Ланка пироп присутствует в комплексных россыпях ювелирных (драгоценных) камней.

**Альмандин** (от названия местности Алабанда в Малой Азии, где в давние времена обрабатывали ювелирные камни: “алабандская венелса” Плиния Старшего) относится к наиболее распространенному ювелирному гранату состава  $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ . По цвету сходен с пиропом. Удельный вес 3,83–4,30 г/см<sup>3</sup>; твердость – 7–7,5. Форма кристаллов – ромбододекаэдр, тетрагонтриоктаэдр с часто развитой штриховкой на гранях (рис. 23).

Размеры кристаллов альмандин варьируют от нескольких миллиметров до 44 мм. Месторождения альмандин связаны с метаморфическими формациями и россыпями (Кительское; как самостоятельный полезный компонент ювелирный альмандин известен в аллювиальных и элювиальных комплексных россыпях ювелирных камней в Индии, на о-ве Шри-Ланка – россыпи близ Ратнапуры, на Мадагаскаре, в штате Айдахо в США, а также в топазоносных россыпях Бразилии, золотоносных россыпях Австралии и Уругвая) (Корбел, Новак, 2004; Самсонов, Туринге, 1984; Словарь по геол. россыпей, 1985).

Альмандин довольно устойчив к истиранию, поэтому хорошо сохраняется при переотложении материала и дальних переносах, что способствует его концентрации в прибрежно-морских россыпях совместно с цирконом, монацитом, ильменитом, рутилом, силлиманитом и другими минералами (известны Траванкурские россыпи подобного типа в Индии). В пляжевых песках нередко образует значительные (5–57%) концентрации (“гранатовый берег” Белого моря, “гранатовые дюны” Шри-Ланки). Извлекаемый из таких россыпей альмандин используется в качестве абразивного сырья. Красные от большого содержания альмандин пляжевые пески Балтийского моря разрабатываются прямо на месте при помощи сепараторов.

**Демантоид** (от немец. “Demant” – алмаз) характеризуется игрой цвета, обусловленной сильным светопреломлением и ярким блеском, особенно при искусственном освещении. Поэтому еще в древности его сравнивали с алмазом. Это наиболее ценный зеленый гранат, редкая ювелирная разновидность андрадитов. В древности его ошибочно называли хризолитом. Считается самым красивым минералом группы гранатов.

Удельный вес 3,8 – 3,9 г/см<sup>3</sup>; твердость 6,5. Окраска связана с присутствием окисного железа, а яркость и ее интенсивность – с примесью хрома в пределах сотых долей процента.

Встречается в виде округлых или овальных зерен размером обычно до 10 мм (рис. 24). Похож на хризолит, оливин, гроссуляр, турмалин, шпинель, меньше – на изумруд.

Источником россыпей демантоида являются гидротермальные месторождения. Обычно демантоид не “уходит” далеко от коренного источника

(не более 5км), поэтому формирует в основном элювиально-склоновые (увальные) и аллювиальные (русловые и террасовые) в верховьях речных долин россыпи нередко промышленного содержания. В этих россыпях демантоид ассоциирует с хромитом и магнетитом. На Урале есть постплиоценовые и современные его россыпи.

Встречается очень редко, есть коренные месторождения (Средний Урал, Камчатка) и россыпные проявления в тех же районах. В России демантоид был найден в 1874г. в россыпях Бобровского месторождения на Среднем Урале.

**Гроссуляр** (латин. "grossularia - крыжовник) назван так академиком К.Лаксманом в 1790г. из-за сходства его кристаллов с ягодами крыжовника. Это – разновидность граната бледно-зеленого цвета состава  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ . Алюминий замещается трехвалентным железом, который обуславливает интенсивность окраски минерала. При содержании железа менее 2% минерал почти бесцветный, незначительная примесь хрома придает ему ярко-зеленую окраску. Встречается в виде кристаллов ромбододекаэдрической и тетрагонтриоктаэдрической формы разных размеров (рис. 25).

Гроссуляр в россыпях встречается сравнительно редко, в основном он "привязан" к районам развития известковых скарнов, гидротермальную измененных серпентинитов и габбро (Геол. словарь. т.1, 1960, с.198; Самсонов, Туринге, 1984) и обычно образует ассоциацию с моноклинным пироксеном, эпидотом, цоизитом, актинолитом, гематитом, магнетитом, шеелитом и другими минералами (Словарь по геол. россыпей, 1985, с. 35). В россыпях на р.Вилуя известны красивые коричневато-зеленые кристаллы этого минерала.

Удельный вес 3,53-3,65г/см<sup>3</sup>; твердость 6,5-7,5.

В Армении известны месторождения граната Мегринского и Капанского (Гехинское, Сурбкарское и др.) районов, Разданское, Анкаванское, Ахавнадзорское, Улашикское, Маймехское, Агверанское, Тежсарское, Артанишское, Урасарское и Амасийское месторождения, а также Караиманское, Инакдагское и другие его проявления (Арапов, Меликсетян, 1966).

Выявленные и известные месторождения граната в Армении относятся к контактово-метасоматическому (скарны), контактово-метаморфическому (роговики), регионально-метаморфическому типам. Наиболее распространенным является скарновый тип. В этом типе гранат является наиболее распространенным минералом и составляет от 50-60 до 70-95% объема пород. Преобладает андрадит, что снижает качество граната как абразивного материала (Арапов, Меликсетян, 1966).

### 3.2. Горный хрусталь

**Горный хрусталь** (греч. “кристаллос” – лед; в древности его считали окаменелым льдом) является бесцветной, водяно-прозрачной разновидностью **кварца** (вендское “twardy” – твердый или немец. “Querklüfterz, Quererz” – руда секущих жил; Куликов, Буканов, 1988), под которым обычно понимаются минералы с одинаковым или близким химическим составом ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) (Schumann, 1978), которые подразделяются на полнокристаллические (кварц, тридимит, кристобалит, коэсит, стишовит), тонковолокнистые, или скрытокристаллические (халцедон, кварцин, люцетин) и аморфные (опал, лешательерит) разности (рис. 26).

По цвету, кроме горного хрусталя, выделяются еще **раухтопаз** (дымчатый кварц) – коричневый, полупрозрачный, дымчато-серый, светло-коричневый; **морион** – черный; **аметист** – сиреневый, фиолетовый; **цитрин** – золотистый или лимонно-желтый; **празеолит** – светло-зеленый; **розенкварц** – мутно-розовый; **сапфир-кварц** – мутно-синий; **хризопраз** – зеленый (рис. 27).

Аметист и цитрин относятся к ювелирным (драгоценным), остальные – к ювелирно-поделочным камням и к коллекционному материалу. Все эти разновидности кварца, кроме аметиста, розового кварца и цитрина, являются также ценным пьезооптическим и техническим сырьем.

Удельный вес горного хрусталя  $2,65 \text{ г/см}^3$ , твердость – 7. Люминесценция отсутствует.

Месторождения и проявления горного хрусталя есть на всех материках Земли и на отдельных островах (Мадагаскар, Тасмания). В Бразилии имеются крупнейшие в мире уникальные россыпи – основной поставщик горного хрусталя на мировой рынок.

Основные коренные месторождения представлены гидротермальными безрудными кварцевыми жилами и камерными внутригранитными альбит-микроклиновыми пегматитами. Меньшее значение имеют занорышевые пегматиты в экзоконтактах гранитных интрузий и рудоносные кварцевые жилы (Россыпные месторождения ..., 1997).

Крупным источником горного хрусталя являются соответствующие россыпи, известные в Бразилии, на Украине (Вольнь), в России (Южный Урал). Горный хрусталь содержится также как попутный компонент в россыпях золота и касситерита, формирующихся за счет размыва рудоносных кварцевых жил.

Крупные, хорошо образованные кристаллы встречаются в кварцевых жилах, которые залегают в древних кремнистых формациях. Это – жильные месторождения с гнездами горного хрусталя (Сибирь, Урал, Казахстан и др.). Здесь же встречаются прекрасные кварцевые друзы различных размеров и небольшие монокристаллы. В пегматитах Украины кристаллы горного хрусталя дымчатые, окраска часто зональная, различной интенсивности. Здесь кристаллы формировались в условиях свободного роста и иногда достигают по весу нескольких тонн. Крупные бесцветные кристаллы горного хрусталя есть и в камерных пегматитах Казахстана, где был найден самый большой кристалл весом 77 тонн.

Бипирамидальные кристаллы весом 5,5т найдены в Диамантине (Бразилия), а кристаллы до 7м длиной – в пегматитах района Бетафу (Мадагаскар)

и из жил альпийского типа в Швейцарии (Корбел, Новак, 2004; Самсонов, Туринге, 1984 и др.).

Добыча горного хрусталя в большом количестве ведется в Канаде и США. Коренные месторождения его связаны с кислыми гранитами и приурочены к их экзоконтактам. Коренные скопления кристаллов горного хрусталя обычно отмечаются на расстоянии 1-3км от контакта гранитной интрузии с вмещающими породами.

В Армении нет месторождений горного хрусталя, имеющих промышленное значение. Есть лишь небольшие его проявления в Ванадзорском (Чапарское проявление в 2-2,5км к северо-западу от с.Лермонтово; Маргаовитское, Карабердское, Тацзутское и Фиолетовское проявления) и Разданском (Какавадзорское, Меградзорское, Мармарикское, Арзаканское и др.) районах. Отмечены также Шикахохское и Джрашенское проявления горного хрусталя (Габзимальян, 1967).

Кристаллы горного хрусталя (пьезооптического кварца) широко применяются в радиотехнической и оптической отраслях промышленности. Изделия из кварца используются в приборостроении, медицине, гранильно-ювелирном деле. Наиболее ценятся их крупные размеры, идеально прозрачные, без окраски, включений и трещин. Стоимость таких кристаллов значительно выше ювелирных образцов.

### 3.2.1. Россыпи горного хрусталя

Россыпи горного хрусталя формируются в районах развития древней коры химического выветривания и разрушения пологозалегающих коренных хрусталеносных тел и жильных зон.. Выделяются следующие типы россыпей горного хрусталя:

- собственно россыпи горного хрусталя, которые сформировались за счет хрусталеносных пегматитов (совместно с бериллом) и кварцевых жил;
- россыпи других минеральных видов (золотые, оловянные и др.), в которых горный хрусталь встречается в ощутимом количестве и извлекается попутно; например, основным источником пьезокварца и поделочного горного хрусталя на острове Тасмания и в Австралии являются оловянные россыпи.

Среди россыпей горного хрусталя преобладают россыпи ближнего сноса (элювиальные, элювиально-склоновые, коллювиальные, делювиально-аллювиально-ложковые), которые удалены от коренного источника на расстояние не более 5км. На большем удалении горный хрусталь не образует промышленных скоплений, т.к. из-за своего небольшого удельного веса он рассеивается. Основное промышленное значение имеют ложковые и элювиально-склоновые россыпи.

**Элювиальные россыпи** горного хрусталя промышленного значения были известны на Украине (на участках развития хрусталеносных пегматитов Волыни), а также на Южном Урале. В настоящее время они почти полностью выработаны. Есть элювиальные россыпи горного хрусталя в Бразилии.

Все промышленные россыпи данного типа имели небольшие размеры и определялись величиной вскрытых эрозией хрусталеносных полостей. Форма россыпей в плане неправильная, более или менее изометричная при разрушении

шлировых пегматитов или эллипсоидальная, вытянутая по направлению простираения коренной хрусталеносной кварцевой жилы или жильной зоны.

Площадь крупных элювиальных россыпей горного хрусталя достигает  $500\text{м}^2$ , обычно же она не превышает  $50\text{-}100\text{м}^2$ . В этих россыпях отмечается высокая концентрация кристаллов горного хрусталя, обломки которого нередко лежат сплошным слоем над разрушенным гнездом. Довольно часто встречаются нераспавшиеся друзы.

Характерным примером элювиальной россыпи горного хрусталя является остаточная (элювиально-пролювиальная) топаз-морионовая россыпь, связанная с камерными пегматитами Украины. Ныне она практически выработана (Россыпные месторождения ..., 1997).

**Делювиальные россыпи пьезооптического кварца** формируются на склонах возвышенностей и тесно связаны с элювиальными россыпями. Отличие состоит в том, что делювиальные россыпи занимают значительно большую площадь и обломочный материал рассредоточен больше. При удалении от коренного источника концентрация кристаллов кварца быстро убывает.

Обычно форма делювиальной россыпи горного хрусталя в плане треугольная с расширением книзу. По длине такие россыпи не превышают  $25\text{-}50\text{м}$ , по ширине –  $5\text{-}30\text{м}$ .

**Аллювиальные россыпи горного хрусталя** подразделяются на:

- ложковые (россыпи долин I и II порядка),
- собственно аллювиальные россыпи более крупных долин.

*Ложковые россыпи* представляют собой основной промышленный тип россыпей горного хрусталя. Они имеют относительно большие размеры, высокое обогащение и лучше выдержаны. Такие россыпи известны в разных хрусталеносных провинциях мира, но наиболее уникальные из них расположены в Бразилии (сложные многопластовые россыпи крупных размеров и высокой продуктивности). В России они известны на Южном Урале (пос. Светлый в бассейне р.Санарка, притока р.Уй).

Уральские ложковые россыпи относятся как к современным, так и к древним. Хрусталеносный пласт этих россыпей представлен илистыми песками с включениями обломков и гальки кварца, горного хрусталя, кремния, залегающими на размытой поверхности каолинизированных пород.

*Собственно аллювиальные россыпи* горного хрусталя долин третьего и более высоких порядков встречаются довольно редко. Их формирование возможно лишь при наличии весьма богатого коренного источника. Такие россыпи на сегодняшний день известны в Бразилии (штаты Минас-Жерайс и Эспириту-Санту), Китае (провинция Гуандун) и на Мадагаскаре.

В аллювиальных россыпях долин высокого порядка горный хрусталь представлен хорошо окатанными гальками разной величины и формы. В россыпях Бразилии встречаются крупные прекрасно окатанные эллипсоидальные гальки – “страусовые яйца”.

Горный хрусталь нередко встречается в аллювиальных россыпях других минералов: золотоносных (Средний Урал), алмазонасных (северо-восток Бразилии), оловянных (Тасмания) и может представлять объект попутной добычи (Россыпные месторождения ..., 1997).



*a*



*б*



*в*

*Рис. 18. Окрашенные разновидности корунда ( Корбел, Новак, 2004): а – рубин, 16мм, Джебдалек, Афганистан; б – рубин, 15мм, Кольский п-ов, Россия; в – сапфир, 41мм, Кашир, Индия*



*a*



*б*



*г*



*в*

*Рис. 19. Кристаллы топаза: а – друза топаза; б – кристалл размером 49мм, США (а, б – Корбел, Новак, 2004); в – топазы (вес вертикального кристалла – 12, 710кг), Украина ( Самсонов, Туринге, 1984); г- топаз (Горный музей, Россия) (Куликов, Буканов, 1988)*



*a*

*б*

*в*

*Рис.20. Кристаллы берилла: а,б–( Самсонов,Туринге,1988); в–фото из Интернета*



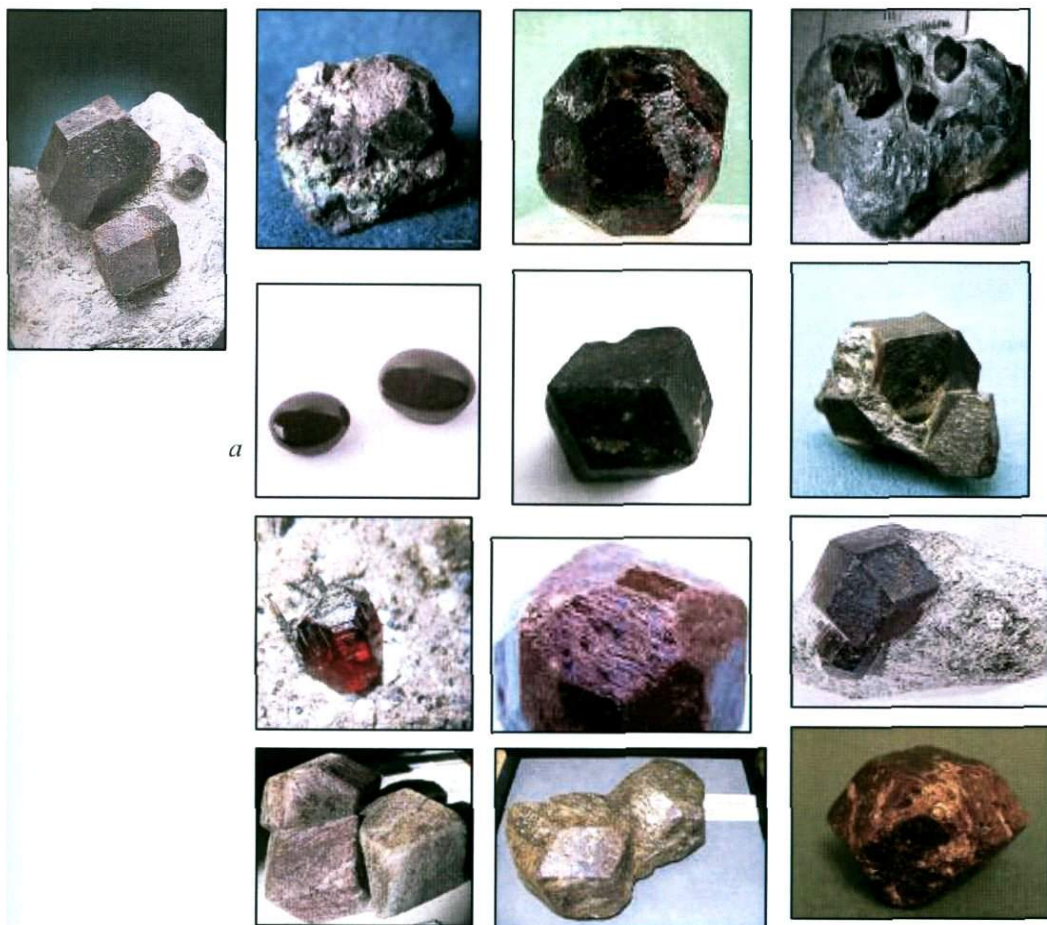
*Рис.21. Хризоберилл, 35мм, Эстириту-Санту, Бразилия (Корбел,Новак, 2004)*



*a*

*б*

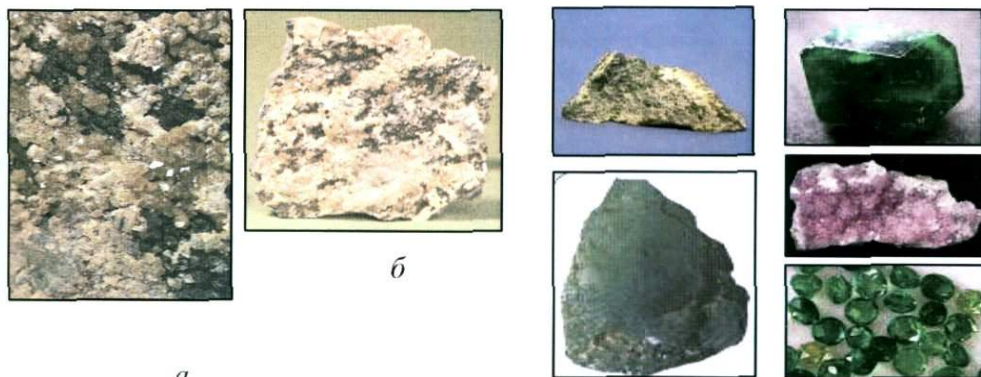
*Рис. 22. Пироп: а - зерна 3мм, Тришебенице, Чехия (Корбел, Новак, 2004); б – фото из Интернета*



а

б

Рис. 23. Альмандин: а - 38мм, Австрия (Корбел, Новак, 2004);  
б – фото из Интернета



а

б

в

Рис. 24. Формы встречаемости демантоида: а,б – (Самсонов, Туринге, 1984);  
в – фото из Интернета



*a*

*б*

Рис. 25. Формы встречаемости гроссуляра: *a* – 17мм, Канада (Корбел,Новак, 2004);  
*б* – фото из Интернета



*a*



*б*



*в*



*г*



*д*

Рис. 26. Разновидности кварца ( Корбел, Новак, 2004): *a* – кварц (60мм, Херкимер, США); *б* – халцедон (68мм, Высокий Атлас, Марокко); *в* – обычный опал (60мм, Кршемже, Чехия); *г* – огненный опал (20мм, Мексика); *д* – благородный опал (55мм, Опал-Бьютт, США)



а



б



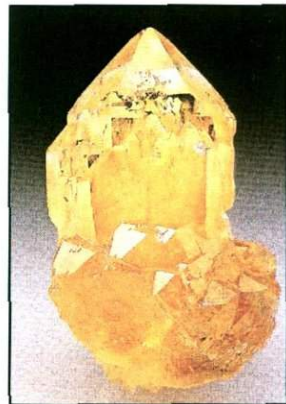
в



г



д



е



ж



з

Рис. 27. Разновидности кварца по цвету (Корбел, Новак, 2004): а – горный хрусталь (95мм, Ла-Гардет, Франция); б – раухтопаз (70мм, гора Мидл-Моат, США); в – раухтопаз (81мм, Швейцария); г – морион (100мм, Агадар, Казахстан); д – аметист; е – цитрин (32мм, Чаркас, Мексика); ж – розовый кварц (115мм, Минас-Жерайс, Бразилия); з – хризопраз (60мм, Шкляры, Польша)

## §4. Минералы – драгоценные камни третьего класса (полудрагоценные камни)

В эту группу минералов входят **ювелирно-поделочные** (жадеит, нефрит, агат, ряд разновидностей горного хрусталя, янтарь и др.) и **поделочные** (яшма, окаменелое дерево, обсидиан, рисунчатый кремень и др.) **камни**.

Обычно они представляют собой минералы и горные породы красивого цвета или рисунка с ярким блеском, отличающиеся высокой прочностью, химической устойчивостью и способностью хорошо шлифоваться и полироваться.

В настоящем параграфе рассматриваются только те из полудрагоценных камней, которые образуют самостоятельные россыпи.

### 4.1. Жадеит

**Жадеит** (франц. jade, исп. ijada – бок; этим камнем лечили боли в боку) – сравнительно редкий пироксен  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$  состава.

Цвет белый, светлозеленый до изумрудно-зеленого, иногда черный, розовый, бурый, желтый, фиолетовый, синий. Ярко-зеленый цвет обусловлен примесью хрома, тусклый зеленый – железа.

Удельный вес 3,2-3,5 г/см<sup>3</sup>; твердость 6,5-7.

Блеск стеклянный. Высокая твердость жадеита обусловила его использование человеком еще в неолите для изготовления инструментов. Позднее из него стали вырезать украшения. Наибольшего расцвета искусство обработки жадеита достигло в Китае. Жадеит здесь считали родоначальником всех драгоценностей. Он был символом милосердия, ума, стойкости, отваги, справедливости, скромности. Амулеты из жадеита охраняли человека от всех неприятностей и несчастий, жадеит был культовым драгоценным камнем у доколумбовых цивилизаций современной Мексики и Центральной Америки. В Индии жадеит использовали для изготовления флейт в XVI-XVII вв. (Куликов, Буканов, 1988).

Качества и свойства жадеита способствуют тому, что он является не только поделочным камнем, но относится и к ювелирным камням третьего класса.

Самым ценным является изумрудно-зеленый жадеит, используемый для вставок в кольца, серьги и другие ювелирные изделия.

Высококачественный ювелирный и поделочный жадеит поставляет на мировой рынок Мьянма.

Жадеит обычно считается минералом, образующимся при сверхвысоком давлении в составе мантийного эклогитового пироксена-омфацита в ассоциации с пиропом и алмазом. Однако жадеит встречается также в породах низкой ступени метаморфизма.

В природе жадеит встречается чаще всего в плотных агрегатах (рис.28).

Месторождения жадеита известны в России (Полярный Урал, Саяны), Казахстане (Северное Прибалхашье), Мьянме, КНР, США, Мексике. В КНР была найдена глыба жадеита массой более 160 т и объемом около 80 м<sup>3</sup> красивого изумрудно-зеленого цвета с голубыми, алыми и кремевыми оттенками (Куликов, Буканов, 1988).

Жадеит образует валунные и галечные россыпи, наиболее известные с древних времен на севере Мьянмы – крупнейшие разрабатываемые россыпи:

- элювиальные – развалы крупных угловатых глыб в песчно-глинистой массе красного цвета;
- жадеитоносные миоценовые и плейстоценовые конгломераты мощностью до 300м с высоким качеством жадеита, приуроченного к золотоносным горизонтам в основании конгломератов;
- современные аллювиальные россыпи (Словарь по геологии россыпей, 1985).

## 4.2. Нефрит

**Нефрит** (греч. «нефрос» – почки; этому камню приписывались целебные свойства при болезни почек) – плотный вязкий скрытокристаллический спутанно-волоконистый агрегат моноклинного амфибола тремолит-актинолитового ряда, имеющего состав  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})(\text{OH})_2$ . Цвет в зависимости от содержания FeO темно-зеленый до почти бесцветного, реже встречаются образцы белого, серого, черного (при наличии примеси Ni и Mn) цвета (Геол. словарь, т.2, 1960; Словарь по геологии россыпей, 1985).

Удельный вес 2,8-3,3г/см<sup>3</sup>; твердость 6-6,5. Метаморфический. Обладает высокой физической прочностью. Чтобы раздробить нефрит, необходимо в три раза больше усилий, чем для разрушения гранита.

Исключительная прочность нефрита использовалась еще первобытным человеком, который делал из него нефритовые ножи и наконечники для стрел, топоры, молотки и т.п. В.И.Лебединский (1973) приводит любопытнейший пример прочности нефрита, глыбу которого пытались расколоть под прессом на одном из заводов немецкого стального короля Круппа и в итоге первая попытка завершилась тем, что нефрит остался целым, а стальная наковальня раздробилась на куски.

Нефрит кроме физической прочности обладает также высокой химической устойчивостью, поэтому хорошо сохраняется при дальних переносах (до 200км) и многократных переотложениях и накапливается в россыпях (мелкие гальки, крупные валуны и глыбы размером до 5м), в которых подвергается естественной сортировке с сохранением в аллювиальных россыпях наиболее высококачественных образцов (рис.29).

Эти россыпи относятся к важному промышленному типу месторождений нефрита, широко распространенных во всем мире: Восточные Саяны (Россия), Полярный Урал, Китай, Новая Зеландия, провинция Британская Колумбия в Канаде, США, Новая Гвинея, Польша.

Наиболее характерным являются русловые россыпи, в которые нефрит поступает из нефритоносных морен. Аллювиальные россыпи нефрита достигают в длину десятков – сотен километров.

Имеются также элювиально-склоновые россыпи с остроугольными глыбами и обломками в районах коренных месторождений (горы Куньлунь в Китае, штаты Вайоминг и Калифорния в США). Известны остаточные прибрежно-морские россыпи нефрита, приуроченные к подножию клифов на участках размыва нефритоносных пород (месторождения Марин, Монтрей и Марипоса, шт.

Калифорния, США), а в Новой Зеландии есть комплексные россыпи нефрита с золотом.

Нефрит легко обрабатывается и ценится для поделок еще с древности за красоту, прочность и вязкость. Во всем мире известны китайские резные изделия из нефрита, а в Вавилоне и Шумере нефрит считался магическим камнем, который помогал человеку в различных ситуациях (в том числе при родах). В Древнем Китае нефрит (совместно с жадеитом) применялся в обрядах служения богам, из него делали своеобразные музыкальные ударные инструменты. В большом почете был нефрит и в доколумбовых цивилизациях Центральной Америки, где он применялся довольно широко для различных целей. В Европе нефрит считался целебным камнем при почечной колике (Куликов, Буканов, 1988).

### 4.3. Агат

**Агат** (ахатэс – агат, по названию р.Ахатес на о-ве Сицилия) представляет собой полосчатый, слоистый агрегат скрытокристаллических разновидностей кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), в основном тонковолокнистого халцедона. В ювелирном деле термин “агат” нередко применяют к любому халцедону.

Агат был известен еще в древности (372-287гг. до н.э.). Его описание встречается впервые в трактате “О камнях” Теофраста, который связал его название с р.Ахатес (современная р.Дирилло) (Quick, 1974). Есть также мнение (Куликов, Буканов, 1988), что более вероятным является предположение о происхождении его названия от семитского «ахит» или более позднего арабского «акик» (по Бируни, «а кик» - сердолик). Синоним – *агатес*.

А.А.Годовиков с соавторами (Годовиков и др., 1987) агатами называют «... ритмично-зональные (зонально-концентрические и параллельно-слоистые) сростания различных минералов семейства кремнезема, среди которых преобладает халцедон, с зонами и включениями других минералов (карбонатов, гётита, цеолитов, селадонита и др.), а также прозрачные, полупрозрачные и окрашенные разновидности халцедона, содержащие моховидные, игольчатые или иные включения характерной формы, получившие по ним название моховых, сагенитовых, дендритных агатов и т.п. Поэтому термин «агат» в строгом смысле относится ... к ювелирно-поделочному камню и имеет торгово-ювелирное (геоммологическое) значение» (с. 7).

Агаты настолько отличаются друг от друга неповторимостью рисунка, что это позволило большому знатоку ювелирного и поделочного камня Л.Квику отметить «... сотня агатов представляет собой сотню разновидностей форм выделения, окраски или того и другого одновременно. Нет даже двух одинаковых агатов, и это то несходство, которое делает агаты особенно желанными» (Годовиков и др., 1987, с. 8).

Встречается агат в виде различных миндалин, желваков, жил, жеод и т.п. Эти образования агата выполняют пустоты в пеплах, лавах или трещины в вулканических породах и имеют разные размеры: от нескольких миллиметров до нескольких десятков сантиметров (рис.30).

Удельный вес – 2,57-2,64г/см<sup>3</sup>; твердость – 6,5-7,0. Блеск стеклянный. Химически устойчив.

Рисунок агата связан с чередованием серо-голубых и белых слоев; если с белыми слоями чередуются слои красного, желтого, бурого, черного или другого цвета, то такой агат получает уже собственное название. Имеются многочисленные разновидности агата, отличающиеся по цвету слоев, рисунку, расположению и виду включений и другим признакам.

Все разновидности агата можно разделить на технические и поделочные (ювелирные). К техническим агатам относятся физически совершенно однородные, равномерно-окрашенные разновидности. Технический агат должен иметь большую твердость и прочность. Из него изготавливают камни для часовых механизмов, подпятники для электрических счетчиков и других электроизмерительных приборов, керны для различных буросолей, ступки, пестики и т.д.

Характерной особенностью агата является его субмикроскопическая пористость. Поэтому он способен принимать искусственное окрашивание путем впитывания в поры жидкостей с красящими веществами.

Агат применяется для ювелирных и декоративных изделий еще с древности (бусы, серьги, броши, вставки в кольца, талисманы, амулеты, различные сосуды и т.д.). Многие народы верили в способность агата спасать от ядов (в том числе и от змеиного), утолять жажду и обострять зрение; придавать силу и красноречие его владельцу, отвращать от него различные природные опасности и т.п.

Основная масса промышленных месторождений агата связана с вулканогенными комплексами: в большей степени с базальтами и в меньшей – с андезитами (Киевленко, Сенкевич, 1983; Настасиенко, 1979). Агаты образуются также в туфах, туфобрекчиях, риолитовых покровах, реже – в осадочных породах.

Крупные месторождения агата имеются в Закавказье (в основном в Армении), России (Тиманский кряж, Урал, Забайкалье, Амурская и Магаданская области), Бразилии, Уругвае, Чехии, Индии, США, Австралии, Канаде и во многих других странах (Куликов, Буканов, 1988).

В Армении известны следующие месторождения агатов (Арутюнян, Мнацаканян, 1966):

- Иджеванское (единая агатоносная полоса к ВСВ от сс.Севкар и Саригтох);
- Шахназарское и Таширское (Калининское);
- Цурт-Ахпюрское (в 3км к северу от с. Арцваник) и Пеллорское (в 3км к юго-западу от с. Арцваник) Капанского района;
- Хотское (на левом склоне ущелья р.Воротан, в 1км к востоку от с.Хот) и Шахвердиларское (левый берег р.Воротан, в 1км к северу от с. Шахвердилар) Горисского района;
- проявления агатов Шамшадинского района и многочисленные его проявления в других районах Армении.

Агат довольно устойчив в экзогенных условиях, выдерживает транспортировку и переотложение, поэтому может накапливаться в элювиальных и

аллювиальных отложениях и формировать одноименные россыпи, имеющие преобладающее значение в его добыче в России, Индии, Бразилии, Уругвае, США.

Россыпи агата разрабатываются почти во всем мире.

Основное значение среди агатовых россыпей имеют аллювиальные их генетические типы (русловые, террасовые), в которых агат накапливается на удалении в десятки-сотню километров от источника размыва агатсодержащих пород. Большой известностью пользуется почти 500-километровая россыпь агата р.Йеллоустон в США (Россыпные месторождения..., 1997).

Продуктивный пласт агатовых россыпей связан с галечными или валунными накоплениями русловой фации, а также с фациями бичевников; в прибрежно-морских осадках – с галечными пляжами. Кроме современных аллювиальных россыпей агата имеются и древние россыпи, в том числе и погребенные, а также ископаемые агатовые россыпи промышленного значения в конгломератах (штат Гуджарат на северо-западе Индии).

Россыпи агата в пределах СНГ есть в России, Армении, ряде районов Казахстана и Средней Азии. Крупнейшие и наиболее хорошо изученные россыпные месторождения ювелирно-поделочного и технического агата имеются в Забайкальско-Дальневосточной провинции России, где они представлены аллювиальными долинными и русловыми, отчасти террасовыми россыпями. Отмечается частичное восстановление (возобновляемость) отработанных агатсодержащих галечных кос и отмелей от сезона к сезону, особенно после прохождения катастрофических паводков (Россыпные месторождения..., 1997).

Элювиальные и склоновые россыпи агата довольно многочисленны, однако качество агатов в них невысокое, поэтому эти россыпи не представляют особого промышленного интереса.

## 4.4. Янтарь

### 4.4.1. Понятие о янтаре, разновидности янтара

**Янтарь** (литов. gintaras) представляет собой ископаемую смолу некоторых хвойных деревьев, произрастающих в мел – четвертичное время в разных районах земного шара. В химическом отношении янтарь – аморфное высокомолекулярное соединение кислот ( $C_{10}H_{16}O_4$ ) с примесью серы, иногда азота и золы.

Янтарь был известен людям давно. Первые поделки из янтара (различные бусы, амулеты), пластинки и необработанные его куски были найдены в захоронениях и на стоянках древних людей, относящихся к эпохе позднего палеолита – неолита, а первые упоминания о нем относятся к Хв. до н.э. (имеется клинописная запись о янтаре на обелиске, который хранится в Британском музее). Массовое производство янтарных изделий началось в неолите (4000-1600 лет до н.э.). Первая мастерская по обработке янтара известна с конца неолита – начала бронзового века. К I в. до н.э. янтарь был известен населению Европы, а к началу нашей эры торговля балтийским янтарем охватила почти все страны мира.

В средние века янтарию приписывали “магические свойства”, и он стал считаться могущественным талисманом и целебным средством от зубной болезни (болезни щитовидной железы), ангины, лихорадки и других болезней. В XVIII-XIX вв. в России, Польше, Украине в богатых семьях на нянек и кормилиц

надевали янтарное ожерелье, “чтобы младенец был веселым и здоровым” (Куликов, Буканов, 1988).

В настоящее время понятие “янтарь” имеет несколько собирательный смысл: любые ископаемые смолы, минеральные виды ископаемых смол, встречающихся на разных месторождениях, но имеющих общие технологические свойства; минералогические виды ископаемых смол, объединенных по месторождению, - балтийский янтарь.

Наиболее распространен и популярен балтийский янтарь – сукцинит. К другим ископаемым смолам относятся: айкаит, алмашит, амбрит, амброзин, беккерит, бирмит, валховит, геданит, глессит, делатинит, дуксит, иксолит, кефлакит, кисцеллит, копалит, кранцит, пиатра, ретинит, росторнит, румынит (румэнит), седарит, симетит, стантинит, телегдит, тринкерит, уилерит, шейбеит, шрауфит, мулингит, зуосмит, канзасит и др.

Основными разновидностями янтаря являются *сукцинит*, *румынит*, *бирмит* и *симетит*, которые отличаются друг от друга по цвету, удельному весу, твердости, содержанию янтарной кислоты (табл. 3).

Таблица 3  
Характеристика основных разновидностей янтаря (Трофимов, 1965)

Разновидности янтаря	Место добычи	Элементарный состав, %				Цвет янтаря	Удельный вес	Твердость	Содержание янтарной кислоты %	Точка плавления °С	Примечание
		C	H	O	S						
Сукцинит	Прибалтика	79,70	10,56	9,70	0,04	Оранжевый, желтый, слоновой кости, красный, голубой	1,05 0- 1,09 6	2- 3	2-8	250- 300	В алкоголе растворяется на 20-25%, в хлороформе – на 20,6% и в других растворителях – на 18-23%. Часты включения насекомых и растительных остатков
Румынит	Румыния	81,64	9,65	7,56	1,15	Гранатово-красный, розово-красный, желтый, дымчато-серый с голубоватым и черноватым оттенком	1,04 8- 1,12 0	1,5-2	1-5	375	В алкоголе растворяется на 6%, в хлороформе – на 10%. Некоторые образцы флюоресцируют, но редко бывают голубыми. Часты включения газов, углеводородов, окислов железа, углистых частиц и др.

Симегит	Италия – о-в Сицилия	69,48	9,44	20,56	0,52	Темно- красный, гранатово- красный, золотистый, голубой, зеленый	1,05 2- 1,06 8	1,5- 2,5	Почти нет	360	В алкоболе раст- воря-ется на 21%, в эфире – на 27%. При нагревании издает неприят- ный запах. Наб- людается интен- сивная флюорес- ценция и опалес- ценция
Бирмит	Бирма	80,05	11,50	8,43	0,02	Темный, кра- сноовато- коричневый, огненно- красный, медовый, коричневый	1,03 4- 1,09 3	2,5- 3	2-3	350	Плотный. Содержит 0,6% зола. Резкая флюоресценция. Содержит лишь редкие расти- тельные и животные остатки

1 – Цвета янтаря расположены в порядке их распространенности

Балтийский янтарь еще во второй половине XIX в. был разделен на шесть видов: *сукцинит* (98% всего балтийского янтаря), *геданит* (около 2%), *стантинит* (черный янтарь, редкий), *глессит* (редкий), *беккерит* (редкий), *кранцит* (“незрелый” янтарь, очень редкий) с учетом различий физических и физико-химических свойств.

По степени прозрачности среди балтийского янтаря встречаются прозрачные, полупрозрачные, непрозрачные или просвечивающие в тонких сколах (бастард) разновидности. Прозрачность янтаря связана с наличием в нем мельчайших пустот.

#### 4.4.2. Происхождение янтаря

В древнегреческой мифологии есть красивая легенда о происхождении янтаря. *Фаэтон* упросил своего отца бога Солнца *Гелиоса* доверить ему управление небесами – конями, запряженными в огненную колесницу. Но руки юноши были слабы и не смогли удержать взбесившихся коней. Разгневанный *Зевс* – громовержец разбил колесницу молнией и тело *Фаэтона* упало в *Эридан*. *Гелиады* горько оплакивали смерть своего брата, за что и были превращены в тополя. Смола – слезы тополей -- падала в *Эридан* и превращалась в янтарь.

Много домыслов о природе янтаря существовало даже в середине XVIII века: морская пена, застывшая под теплом солнечных лучей; нефть, окаменевшая на дне моря; затвердевшая икра неизвестных рыб и т.п. Однако еще Аристотель и другие ученые древности (в том числе Плиний Старший) отмечали растительное происхождение янтаря, его связь с соком особого вида сосен. Растительное происхождение янтаря признавал и М.В.Ломоносов.

В.С.Трофимов (1974) признает, что янтарь является ископаемой смолой разных деревьев семейств Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae и некоторых других. Поэтому он различает несколько генетических типов янтаря: сосновый, кипарисовый, таксодиевый, араукариевый и др.

Смола образовывалась в коре, древесине и сердцевине деревьев, произрастающих в янтароносных лесах, и выделялась из коры, ветвей, корней, но в основном из ствола. В состав смолы входят скипидар, вода и смоляные кислоты. В теплом субтропическом климате вода и легколетучий скипидар испарялись, а смола затвердевала на деревьях в виде наростов.

Янтарная смола химически очень устойчива, она не поддается разрушающему влиянию влаги, тепла и воздуха. После того, как деревья заканчивали свой век и отмирали, они гнивали на земле, а смола сохранялась и накапливалась в почве. Там она окаменела и превратилась в янтарь. Постепенно куски, капли, желваки, сосульки янтаря покрывались более молодыми отложениями, захоронялись под ними. Так происходило накопление первичного янтаря коренных месторождений.

#### 4.4.3. Свойства янтаря

Цвет янтаря медово-желтый, желто-коричневый, коричневый, красно-коричневый, иногда синий, зеленый, черный. Специалисты различают более 200 цветов и оттенков янтаря.

Удельный вес  $0,97-1,2\text{г/см}^3$ , твердость 2-2,5. Хрупок, но легко обрабатывается и хорошо полируется. Прозрачность меняется в широких пределах, характерна значительная пористость (поэтому при насыщении водой объем янтаря увеличивается), излом раковистый.

Из янтарных отходов получают сырье для янтарного лака, кислоты, янтарное масло, которые имеют ценнейшие свойства. Так, поверхность пианино, покрытая янтарным лаком, сохраняет ровный сияющий блеск в течение многих десятилетий. Днище корабля, покрытое янтарной краской, не обрастает моллюсками. Лак делает абсолютно устойчивой против коррозии консервную жесть. Янтарь является также прекрасным электроизолятором (Лебединский, 1973).

Янтарь встречается в виде массивных агрегатов неправильной или каплевидной формы, уплощенно-пластинчатых натечных выделений, желваков, окатанной гальки, осколков, кусков размером в несколько десятков сантиметров в поперечнике и массой до 10кг (это самый крупный из найденных агрегатов) (Корбел, Новак, 2004; Словарь по геол. россыпей, 1985; Трофимов, 1965) – рис. 31.

#### 4.4.4. Распространение янтаря на земном шаре

Янтарь на Земле распространен довольно широко, но промышленные его месторождения редки. Согласно В.С.Трофимову (1965) месторождения и отдельные находки янтаря известны в следующих районах:

- в пределах Американского материка есть только отдельные находки и небольшие скопления в Гренландии (о.Хоре, Северная Гренландия), на Алеутских островах, Аляске (берег Северного Ледовитого океана, верхнее течение р.Кук, берега р.Кук и ряда ее притоков), Канаде (сланцах мелового возраста), США (в зеленых песках в Нью-Джерси, штат Виргиния), Мексике;
- в Азии находки янтаря и небольшие месторождения встречаются чаще, чем в Америке: на Новосибирских островах, в нижнем течении р.Яны; на

Камчатке (в буром угле и глинах в Пенжинской бухте на р.Тигиль), острове Сахалин (в буром угле), в Японии, Приморском крае России (в угольных пластах), на полуострове Таймыр, в Казахстане, Мьянме и Таиланде (в тонкослоистых темно-голубых сланцах и песчаниках; главные центры добычи янтаря – бирмита – находятся в долине р.Хукаунг вблизи г.Майннгаун);

- в Европе расположены наиболее крупные месторождения янтаря: побережье Балтийского моря (наиболее крупное месторождение находится на Самбийском полуострове в Калининградской области РФ) – Балтийская янтароносная провинция; обогащены янтарем также валунные морены на севере Польши, флювиогляциальные отложения Франции, ряда районов Венгрии, Австрии; добывается янтарь в Румынии (румынит) в бассейне р.Буззу и др. рек; на Урале янтарь встречается в серых глинах и лигнитах в Пермской области; в районе Баренцева моря (устье р.Печора, Чешская губа, Мезенская губа и др.); на Кавказе находки янтаря известны в окрестностях Тбилиси, по р.Тартар (Тертер) в Нагорно-Карабахской Республике; в Италии (симетит) янтарь добывается в основном на о. Сицилия, но есть также по побережью Реггио и Мессины, на Липарских островах и у подножия вулкана Стромболи, вблизи Этны, по р.По и др.; янтарь встречается в Испании и Португалии;

- есть сведения о находках янтаря по северному побережью Африки и Новой Зеландии (здесь известна разновидность ископаемых смол – **копал**, представляющий собой смолу четвертичного периода, которой еще надо “дозреть” в течение нескольких миллионов лет в земле, чтобы стать настоящим янтарем).

#### 4.4.5. Россыпи янтаря

Основным промышленным типом месторождений янтаря являются морские и прибрежно-морские россыпи. Разновозрастные россыпи такого типа есть в Нагорно-Карабахской Республике; россыпи мелового возраста – на Аравийском полуострове; эоцен-олигоценного возраста – в Южной Швеции, ФРГ, Польше, Белоруссии, Прибалтике, Украине; *современные прибрежно-морские россыпи* – на побережье Балтийского, Белого, Баренцева, Красного, Восточно-Сибирского, Охотского и других морей, на побережьях о.Сицилия, Аляски и прилегающих к ней островов.

Янтарные россыпи формируются за счет переотложения янтаря из первичных осадочных месторождений, которые находятся на месте бывшего произрастания янтароносных лесов. Образование россыпей янтаря отличается от россыпей тяжелых минералов. Ведь удельный вес янтаря небольшой, он отличается плавучестью и набуханием в водной среде. Вымываясь из первичных угленосных осадков (по своей природе янтарь относится к группе каустобиолитов, его первичные месторождения связаны тесно с угленосными формациями – пластами бурых углей и лигнитов, образовавшихся на месте произрастания древних лесов), янтарь легко перемещается и переносится текучими водами, образуя различные по генезису континентальные россыпи, которые не имеют промышленного значения. Это могут быть элювиальные и склоновые россыпи, тесно связанные с выходами первичных залежей янтаря, а также аллювиальные, прибрежно-морские, эоловые и ледниковые россыпи. Наибольшее промышленное значение имеют прибрежно-

морские россыпи, которые формируются за счет или размыва янтароносных отложений, или выноса янтаря реками.

Наиболее крупные янтарные россыпи приурочены к послеледниковым бассейнам; среди них известны россыпи Литоринового моря (оно существовало на месте Балтийского моря 5,5-2 тыс. лет до н.э.), залегающие на глубинах 4-15м ниже уровня моря на участке от Балтийской до Куршской косы и содержащие янтарь до 0,2кг/м<sup>3</sup>. Наиболее крупные эоцен-олигоценые месторождения янтаря расположены на Самбийском п-ове у пос.Янтарный (Калининградская область, Россия) на площади более 300км<sup>2</sup>. Суммарные запасы янтаря в пределах детально разведанной площади (не более 30%) оцениваются в 300 тысяч тонн янтаря – сырца. Эта россыпь разрабатывается с XVII века и до сих пор имеет промышленное значение. Часть ее расположена ниже уровня моря на глубине 8м и более (Трофимов, 1974; Россыпные месторождения..., 1997 и др.). Янтароносный слой представляет собой верхнюю толщу палеогеновых (олигоценых) отложений глинисто-песчаного состава, которая выделяется зеленоватым цветом, наличием янтаря, фосфорита и значительного количества глауконита. Эта верхняя толща мощностью около 30м впервые была выделена Е.Цаддахом (Zaddach, 1868) под названием “глауконитовой формации”. Многочисленные находки остатков фауны Pecten, Ostrea, морских ежей определяют “глауконитовую формацию” как морские отложения нижнего олигоцена.

В клифе Самбийского полуострова обнажаются только отложения “глауконитовой формации”. Они же перерабатываются на янтарных карьерах, а отработанная порода объемом до 1 млн. м<sup>3</sup> ежегодно посредством пульпы выбрасывается в море, наращивая ширину пляжа и загрязняя глинистым материалом воды Балтийского моря у пос.Янтарный (рис.32).

Янтароносный горизонт (или “голубая земля” немецких геологов) представляет собой песчаную глину мощностью 7-10м, содержащую многочисленные обломки янтаря.

Содержание янтаря в “голубой земле” составляет 0,1-10кг/м<sup>3</sup> (в среднем 0,6-2кг/м<sup>3</sup>). Янтарь в толще “голубой земли” распределен неравномерно, максимальное его накопление отмечается в середине толщи. Размеры выделения янтаря колеблются от 1мм до размера лимона или гусяного яйца, отдельные куски “тянут” на 5-6кг. В янтароносных отложениях куски янтаря располагаются или плашмя (54%), или с некоторым наклоном.

Наиболее обогащен янтарем слой, залегающий на глубине 12-14м. На месторождении у пос.Янтарный ежегодно добывается от 100 до 500т янтаря (рис.33).

Широко распространены в разных странах современные прибрежные россыпи. Во время штормов нередко отмечаются массовые выбросы янтаря со дна на пляж. Например, в 1862г. недалеко от пос.Пальменикен (ныне пос.Янтарный Калининградской области) во время шторма на берег было выброшено около 2 тонн янтаря, а в 1878г. на берегу оказалось столько янтаря, что жители прибрежных поселков собирали его в течение нескольких лет. В 1914г. к северо-востоку от Пальменикена было выброшено на берег 0,8 тонны янтаря.

Автор этих строк в период работы на Балтийском море постоянно фиксировал выбросы значительного количества янтаря (часто вместе с водорослями) на берег Самбийского полуострова и Куршской косы. После шторма пляж в пределах зоны заплеска бывал весь усеян кусками янтаря (рис. 34).

В меловых осадках Хатангского прогиба (Россия) встречаются безглауконитовые донные янтарные россыпи, смыкающиеся здесь с дельтовыми и лагунными янтароносными осадками.

В Европе, на площади развития материкового оледенения, распространены ледниковые янтарные россыпи, не имеющие самостоятельного промышленного значения. Но они могут поставлять янтарь во флювиогляциальные и озерноледниковые отложения и создавать в них значительные концентрации.

Известны также золотые россыпи янтаря, которые формируются на участках пережевывания янтароносных отложений, например, на морском побережье и по берегам рек на Аляске (Словарь по геол. россыпей, 1985).

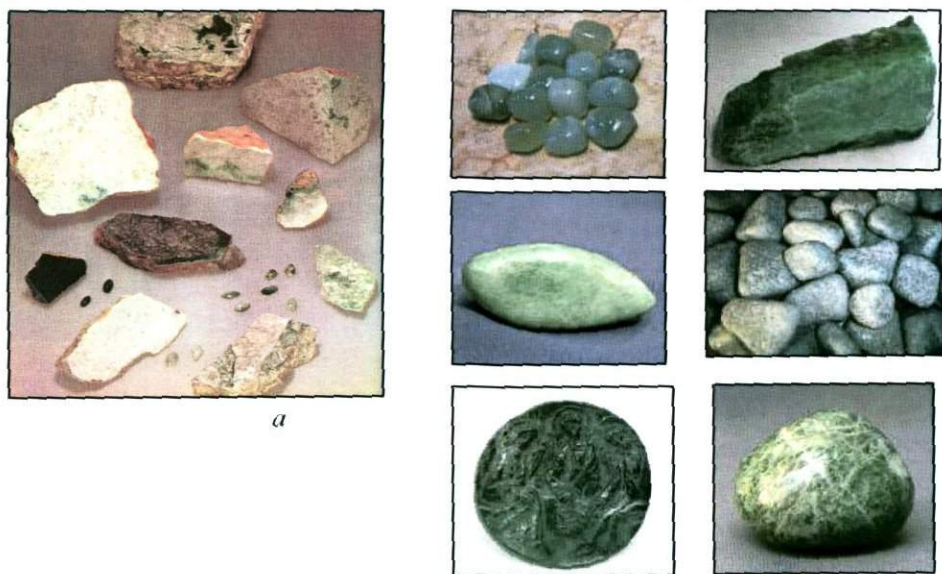


Рис. 28. Формы встречаемости жадеита: а – Казахстан (Самсонов, Туринге, 1984); б – фото из Интернета

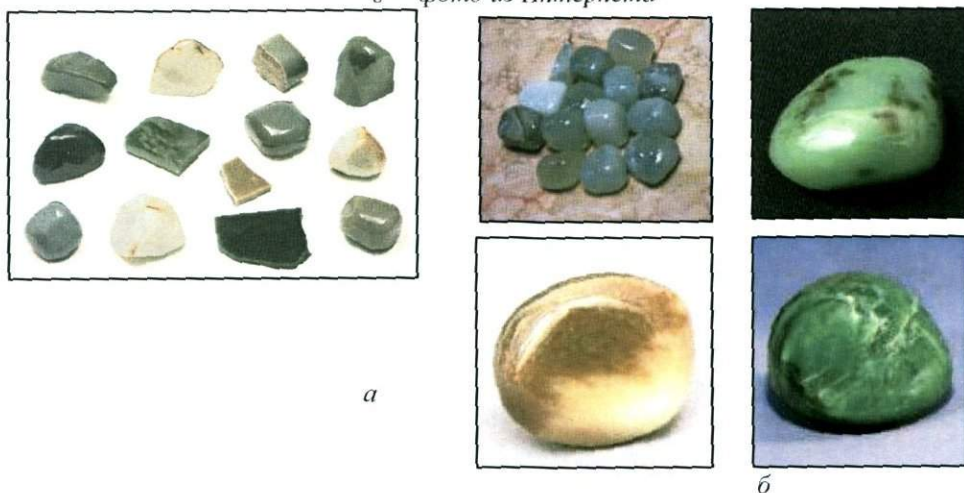


Рис. 29. Формы встречаемости нефрита: а – нефрит различных расцветок, 1:2,5 (Самсонов, Туринге, 1984); б – окатанная галька нефрита (фото из Интернета)

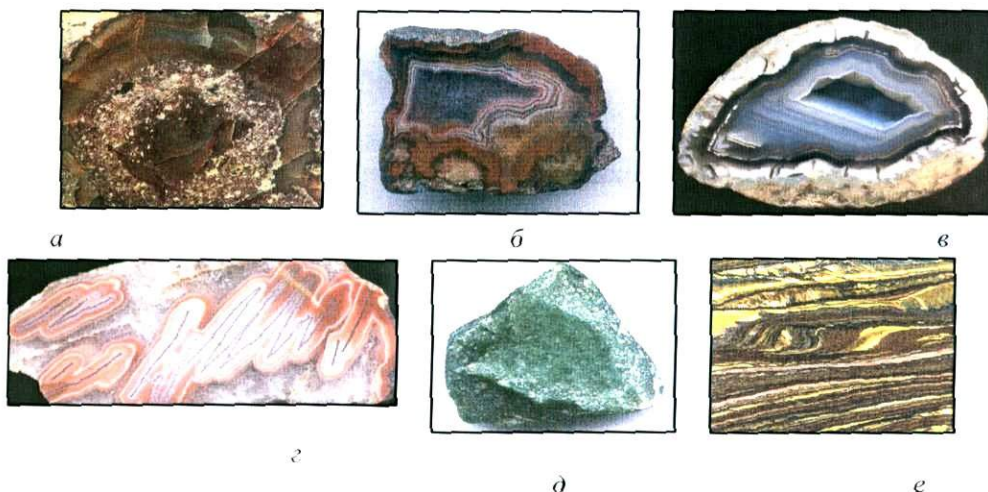


Рис.30. Разновидности агатов (Корбел, Новак, 2004): а – агатовая миндалина в кварцевом порфире (Сан-Эдиден, близ Глаухау, ФРГ); б - 50мм, Железниц, Чехия; в – 60мм, Бразилия; г – 140мм, Горни Галже, Чехия; д – моховой агат, 40мм, Крджали, Болгария; е – тигровый глаз, 50мм, Грикваленд, ЮАР

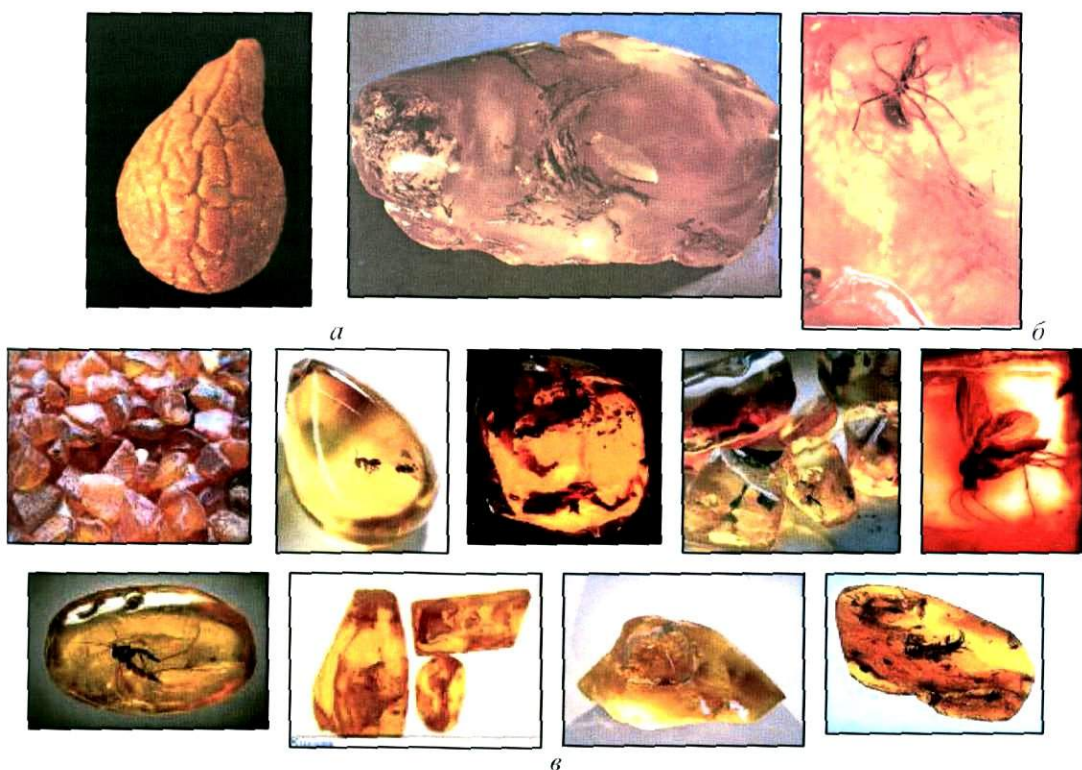


Рис.31. Формы встречаемости янтаря: а - (Корбел, Новак, 2004); б – (Самсонов, Туринге, 1984); в – фото из Интернета



*Рис. 32. Сброс отработанной породы с янтарного комбината на пляж Балтийского моря у пос. Янтарный (фото автора)*



*Рис. 33. Добыча янтаря (пос. Янтарный, Калининградская область, РФ) – общий вид карьера (Самсонов, Туринге, 1984)*



*Рис. 34. Выбросы янтаря, оставшиеся после шторма на пляже  
Куриской косы (фото автора)*

# Глава третья

## РОССЫПИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

К благородным металлам относятся *золото, серебро, платина и металлы платиновой группы (родистая платина, осмистый иридий, палладий, палладистая платина)*. Из них наибольшее значение как россыпной металл имеют золото и платина. Серебро не образует самостоятельных россыпей, оно иногда встречается в золотоносных россыпях попутно с золотом. Однако в данной главе автор счел необходимым рассмотреть его свойства, распространенность на Земле, коренные месторождения, объемы добычи исходя из его ценности и особенностей.

### §1. Золото

Одним из первых металлов, используемых человеком для своих целей, было **золото**. Оно отличается однородностью, высоким удельным весом, имеет прекрасный внешний вид, хорошие качество и технические свойства, поэтому алхимики в свое время назвали его “царем металлов” и обозначили символом Солнца.

Славянское название – “золото”, по-видимому, происходит от корня “сол”, общего со словом “солнце”, и связано с “солнечным” цветом металла.

#### 1.1. Свойства золота

Цвет золота – золотисто-желтый, при увеличении содержания серебра становится все более серебристым до почти серебряно-белого (электрум), а повышенное содержание меди обуславливает его розоватый оттенок. Блеск металлический, излом крючковатый, спайности нет, твердость 2,5-3, удельный вес  $19,31/\text{см}^3$  (примеси могут увеличить его до  $19,71/\text{см}^3$ ), отличается большой ковкостью (пластичностью) и тягучестью (легко прокатывается до толщины  $0,00008\text{мм}$  и вытягивается в проволоку диаметром  $0,000002\text{мм}$ ), хорошей тепло- и электропроводимостью, высокой химической стойкостью (растворяется только в “царской водке” – смеси соляной и азотной кислот, а также в цианидах щелочных металлов – цианистом натрия и цианистом калия). Температура плавления –  $1063^{\circ}\text{C}$ .

В периодической системе элементов Д.И. Менделеева золото (Au) находится в шестом периоде в окружении серебра, платины и платиноидов. Его атомный номер 79, атомный вес 196,96654 (3). Вместе с вышеназванными металлами золото образует семейство благородных металлов, которые способны к устойчивым соединениям только с близкими к ним по свойствам металлами. Отсюда понятно, почему в природе золото распространено лишь в самородном виде. Встречается оно обычно с примесью серебра или меди. По составу примесей различают: *электрум*, содержащий от 25 до 75% серебра; *иридистое, палладистое, родистое, медистое, платинистое и висмутистое золото* (Геол. словарь, т. 1, 1960).

Степень чистоты золота и присутствие в нем посторонних примесей определяют его **пробу**, которая выражается в промилле (‰) содержания чистого

золота. Например, проба 560 указывает, что данный образец содержит 560‰ золота и 440‰ лигатуры, т.е. посторонних примесей.

Только стандартные бруски валютного золота состоят из почти химически чистого золота (до 99,99% при 0,01% примесей). В технике, ювелирном деле и для чеканки монет используется золото в сплавах (добавляются серебро и медь, а также никель).

По морфологии выделяются октаэдрические и кубические кристаллы, дендритные и скелетообразные агрегаты, листочки, пластинки, проволочки, встречаются самородки (Геол. словарь, т. 1, 1960; Корбел, Новак, 2004) – рис. 35.

## *1.2. Происхождение и распространение золота в природе*

Золото обычно связано с гидротермальными кварцевыми и кварцево-карбонатными жилами, зонами сульфидной минерализации, реже – со скарнами и некоторыми минерализованными изверженными породами. Оно встречается повсеместно в мире. Знаменитые месторождения рудного золота есть на Урале, в Средней Азии, Забайкалье, на Дальнем Востоке, в Африке, Австралии, Европе (Австрия, Румыния, Чехия). Славятся золотосные россыпи Сибири, Урала, Средней Азии, Северной Америки, Австралии (Юбельт, 1978). Большой известностью пользуются золотосные конгломераты Трансвааля (ЮАР), где в докембрийских породах сосредоточено 60% мировых запасов золота. Большая часть этой доли запасов приходится на Витватерсранд, здесь за 110 лет добыто более 17000т золота.

В природе золото всегда сосуществует с серебром и довольно часто с медью. Оно встречается часто в медных и полиметаллических рудах и добывается из них как попутный продукт. Ему сопутствуют в природе пирит, арсенопирит, кварц, сильванит, калаверит и другие минералы.

Среднее содержание золота в земной коре (кларк) составляет ничтожную величину –  $5 \cdot 10^{-7}\%$ , однако золото встречается в породах всех возрастных комплексов, вплоть до самых древних. Оно имеется также в водах Мирового океана (до 4-10мг/т), местами (в Карибском море) достигая даже 15-18мг/т; содержится и в почвах (при этом в некоторых гумусовых – до 0,5г/т); улавливается растениями, и зола некоторых из них, особенно растущих на старинных отвалах приисков, иногда содержит до 600г/т. В ветвях и в верхней части ствола (например, елей) содержание золота в 100 раз и более превышает содержание в стволе и в корнях, что доказывает поступление золота в растения в растворенном виде (Соболевский, 1970).

## *1.3. Первые находки и добыча золота*

Первые находки золота, по-видимому, связаны с далеким прошлым, когда желтый и тяжелый камень (самородок) привлек внимание человека. Затем последовало использование этих находок в качестве украшений. В дальнейшем человек научился обрабатывать золото и изготавливать из него различные подвески, ожерелья, сережки и т.п.

Уже в эпоху культуры Амра (неолит, 4500-6000 лет до н.э.) изготавливались золотые украшения и предметы быта, о чем свидетельствуют их находки в Египте,

а также многочисленные рисунки, показывающие все детали горных работ по отмывке золота, сохранившиеся в Зимбабве (Африка) и относящиеся, по мнению английских археологов, даже к 10-9 тысячелетиям до н.э.

Поиски и добыча золота обернулись для одних баснословным богатством, а для других – разорением и гибелью. Извещения о находках золота в том или ином районе вызывали немислимый ажиотаж, “золотую лихорадку”. Миллионы людей срывались с насиженных мест и устремлялись навстречу ожидаемой удаче, преследуемые лишь одной целью – любыми способами добраться первыми до перспективных участков, добыть как можно больше золота и разбогатеть.

Когда в 1848г. в Калифорнии обнаружили богатейшие россыпи золота, свыше миллиона людей охватила “золотая лихорадка”, которая ознаменовалась не только открытием огромных богатств, но и кровавой борьбой за них. Через три года, в 1851г., “золотая лихорадка” добралась до далекой Австралии и толпы людей устремились туда. Страна, ссылке в которую страшились даже закоренелые преступники, в одно мгновение вышла на первое место в мире по добыче золота и стала желанным местом сотен тысяч старателей.

В 1886г. было открыто крупное месторождение золота на ферме некоей Остхейзен по соседству с месторождением алмазов в долине р.Вааль (Южная Африка). Это был Витватерсранд – крупнейший в мире золотосносный район, где добыча золота была поставлена впервые в мире на промышленную основу. Это позволило извлекать золотосносную руду с больших глубин. На сегодняшний день глубина шахт в ЮАР на месторождении Витватерсранд достигла 3,8 км. В ЮАР находится самый крупный в мире рудник Вааль–Рифс в Клексдорпе, где ежегодно из недр извлекается около 80-90 тонн золота (при этом перерабатывается более 10млн. тонн руды). Общие запасы золота в ЮАР оцениваются в 25000т.

В 1896-1900гг. началась новая “золотая лихорадка” – клондайкская эпопея в Северной Канаде и Аляске, которая классически была описана Джеком Лондоном в его произведениях и показана в фильмах Чарли Чаплина.

Казалось бы, что эпоха открытий крупных месторождений золота закончилась в XIXв., однако сравнительно недавно, всего каких-нибудь 28 лет назад, в верховьях левого притока р.Токантинс, в Серра-Пеладе (Бразилия) было обнаружено богатейшее месторождение золота (рис.36).

Тысячи бедняков устремились туда попытать счастья и, может быть, вырваться из тисков нищеты. Первый же найденный 10-килограммовый самородок привлек к холму Серра-Пелада (Лысая гора) более 50 тысяч человек, которые облепили его как муравьи сахарную голову (рис. 37, 38).

За четыре года здесь было добыто более 30 тонн золота, которые унесли жизнь 78 человек (погибли под обломками обваливающейся породы) и обогатили лишь 20-25 “избранных” из 100тысяч старателей (до такой цифры возросло их число за 1-1,5 года работ). Один из старателей, некий Зе Мариа, летом 1981г. добыл 2500 кг драгоценного металла. Другой, Амадеу Алвис Родригес, по прозвищу Паразинью, - безработный сварщик в январе 1983г. напал на золотую жилу, из которой в июне всего за десять дней вместе со своими помощниками добыл 600кг золота плюс самородок весом 48кг. Через несколько дней был найден еще один самородок, весивший 39кг. Став миллионером, Паразинью за месяц

сумел промотать все свое богатство и уже летом 1984г. вернулся в Серра-Пеладу снова нищим старателем (Шилле, 1984).

Данное месторождение золота приурочено к точке пересечения двух тектонических сбросов, где проходят золотые жилы многометровой толщины, что было подтверждено глубинным бурением. Геологи предполагают, что в каждом кубическом метре породы должно содержаться не менее 50кг золота. Дальнейшая добыча золота на этом участке возможна только подземным способом, которая будет осуществляться силами государства, без старателей.

В России золото впервые было найдено в 1704г. в Нерчинских рудах вместе с серебром. В течение 1719-1799гг. из этих руд добыли всего 830кг золота.

В 1745г. на Урале было найдено коренное рудное золото, а с 1747г. начал действовать первый золотой рудник “Первоначальный”. За весь XVIIIв. в России было добыто лишь около 5т золота, но уже в XIXв. – 2000т. В 40-ые годы XIXв. Россия вышла на первое место в мире по добыче золота. К концу XIXв. Россия добывала около 40т золота в год, причем 93% - из россыпей.

В последующие годы объем добычи золота в России значительно менялся в зависимости от политической и военной ситуации. Перед распадом СССР было добыто 302т (1990г.), в 1991г. – 168,1т (уже без среднеазиатского золота), 1998г. – 114,6т (минимум добычи). Затем добыча золота в России стала расти довольно быстрыми темпами: 1999г. – 126,1т, 2000г. – 142,7т, 2001г. – 154,5т, 2002г. – 173,5т, 2003г. – 176,5т.

В России золото добывают в Магаданской, Иркутской, Читинской, Амурской областях, в Красноярском крае, в Якутии, на Чукотке.

На территории Армении золото добывалось еще в древности, что подтверждается многочисленными следами древних выработок и найденными золотыми изделиями из различных археологических раскопок.

Еще в XIII-XII веках до н.э. золото добывалось на Сотском месторождении. Последующие разработки на этом же месторождении относятся к I-IVвв. н.э., а затем - к VII-VIIIвв. н.э. (Асланян, 1985).

О наличии золота в Армении писали в XIXв. В.М.Севергин, Э.Эйхвальд, Иваницкий, Н.И.Лебедев и др., которые в качестве перспективных выделяли Сотское месторождение (оно было заброшено и забыто после своего расцвета в ранние века) и аллювиальные отложения рр.Агстев, Арпа, Аракс. На участках между г.Дилижан и р.Блдан, долины р.Головинка и ее притокам Армянская балка и Свинухов ключ в 30х ходах XXв. разрабатывалось россыпное золото. Здесь изредка находили самородки весом до 146г. На Дилижанском месторождении С.Г.Асламазова определила запасы коренного месторождения золота в 72,68кг, а Иваницкий в 1851-52гг. нашел золото в речных отложениях рр. Ванадзор и Памбак (Амирян, 2007).

Вплоть до 1950-1951гг. в Армении не были известны коренные месторождения золота. Лишь шлиховая съемка показывала наличие золота в аллювии бассейнов рр.Дебед, Агстев, Мармарик, Арпа, Воротан, Гехи, Цав и др., а также были известны микроскопического размера выделения золота в различных рудах республики.

В 1951г. отряд треста “Кавзолоторазведка” (геолог Т.М.Степанян) открыл сначала золотоносные россыпи и следы древних разработок, а затем коренное

месторождение золота на водоразделе рр. Масрик и Таргар (Тертер), в 700-1000 м к северу-западу от Сотского (Зодского) перевала. Это месторождение (Сотское) после 1955 г. разведывалось под руководством С.М. Матевосяна силами экспедиции Управления геологии Армении.

В 1951 г. А.Г. Мидяном были открыты месторождения Меградзор и Маргаовит (Гамзачиман), а также золотоносные зоны и вторичные кварциты на Тацдзутском серно-колчеданном месторождении (Амирян, 2007).

Золоторудные месторождения и проявления выявлены в Алаверди-Капанской зоне. Золото было обнаружено еще в 30-х годах XX в. также в рудах Агаракского, Каджаранского, Аткизского и других месторождений.

В 60-х годах XX в. были выявлены коренные месторождения золота Личкваз, Тей, Тертерасар, Марджан, Аткиз, Пхрут и др.

Содержание золота в коренных месторождениях Армении колеблется от 1 г/т до 8-10 г/т.

В Армении золотоносны все интрузивные циклы: Pz (золото есть в шлихах Агверан-Арзаканского участка), J (золото в колчеданных рудах Алавердского и Капанского районов), Cr<sub>1</sub> – предсеноманский (золото в шлихах, а также в пиритизированных зонах и полиметаллических рудах Кохбского и Цавского участков), эоценовый (золото в шлихах, кварц-шеслитовых и золото-сульфидных рудах Меградзорского, Тацдзутского и других участков), олигоцен-миоценовый (золото в шлихах и сульфидных рудах медно-молибденового Памбак-Зангезурского пояса, а также золото-теллурическая формация Сотка и Анкавана). Более интенсивна золотоносность третичных интрузивных циклов, развитых в двух зонах: Севано-Амасийской и Памбак-Зангезурской. Золото пространственно и генетически тесно связано с самыми различными по составу интрузивными породами. Отмечается повышенная роль золота в рудах, связанных с умеренно кислыми гранитоидами (Магакьян, Амирян, 1967).

Золото содержится и в аллювии многих рек республики. Автор этих строк находил следы золота с первой же промывки шлиха в аллювии рр. Мармарик (прямо у учебной базы ЕГУ), Вохчи, Агтев, Каджаран, Гехи и др., а также в руслах временных водотоков, дренирующих северный склон массива Арагац. Так, в шлихе, намытом из аллювия IV надпойменной террасы р. Вохчи, золото представлено удлинённым с неровными и слегка округленными концами зерном золотисто-желтого цвета с красным оттенком. Зерно имеет вид выпуклой пластинки с неровной бородавчатой поверхностью. Три углубления на поверхности пластинки выполнены полупрозрачным кварцем. Нижняя поверхность пластинки плоская, но есть несколько углублений, выполненных небольшими сростками кварца (Бойнагрян, 2008).

Согласно подсчетам профессора Г. Квиринга (ФРГ) и американских экономистов, начиная с 1493 г. (с этого времени учет велся с достаточной точностью) до середины XX в. было добыто примерно 80-85 тыс. т золота. В древности добыча составила 15-20 тыс. тонн, в средние века объем добычи был небольшим.

На сегодняшний день больше всего золота добыто в ЮАР – около 50 тысяч тонн, в России и СССР – более 14 тысяч, в США – более 10 тысяч), чуть меньше в Канаде и Австралии. Очень много золота добыто в Южной Америке

(Колумбия, Бразилия), в Мексике, Зимбабве, Гане, а также в Филиппинах, Конго и Перу.

Новейшие подсчеты показывают, что за первые 4400 лет – с 3900г. до н.э. (додинастический архаичный Египет) до 500г. н.э. (падение Римской империи) было добыто 10000 тонн золота. За последующие 1000 лет (средневековье) добыча составила 2500т. С начала XVIв. до начала XIXв. (340 лет) – 4900т. Основная масса золота добыта за последние 200 лет. Всего добыто примерно 130 тысяч тонн (2/3 из них в течение XXв., половина из которых – в Южной Африке).

По данным журнала “Эксперт”, в 2005г. во всем мире было добыто 2450т золота, что при цене в 14369 долларов за 1кг составляет 35205млн. долларов, т.е. огромное богатство, “подаренное” природой людям.

#### *1.4. Самородки золота*

За самородок, или “самородку” (прежнее употребление этого термина) обычно принимают кусок, или скопление золота весом более 10г, что, естественно, является условной цифрой. Главное, чтобы найденный кусок с кристаллами золота или с отпечатками окружавших его минералов можно было “привязать” к месту его образования, к известному пункту, и по нему получить дополнительную информацию о закономерностях поведения и размещения золота в земной коре, об условиях образования его месторождений. Поэтому даже небольшая золотинка весом 5-6г из известного пункта будет иметь большее научное значение, чем гораздо крупный, но уже окатанный и, следовательно, удаленный от места своего образования кусок золота - самородок весом в 1кг и более. Значение истинных самородков (неокатанных) поняли в России еще в начале XIXв и уже с 1825г., согласно царскому указу, в “Музеум” Санкт-Петербургского горного института стали присылать все самородки. В настоящее время наиболее ценные самородки золота и платины хранятся в Алмазном фонде России.

Самородки имеют кристаллическое строение, напоминающее строение гранита. Они несут отпечатки минералов, которые доказывают, что самородки выросли в полостях среди наросших на стенки кристаллов горного хрусталя, анкерита, кальцита, иногда пирита, сфалерита и других минералов (Соболевский, 1970), т.е. они образовались в коренных месторождениях, в различных рудных телах.

Большинство крупных самородков найдено в россыпях, поэтому они несут на себе следы ударов, царапин, вмятин, окатывания, т.к. за время их нахождения в россыпи перемещаемые рекой массы песка, гальки и валунов воздействовали на них, истирая и раздавливая их.

По данным В.И.Соболевского (1970), примерно за три тысячи лет было найдено 8 тысяч (возможно, даже 10 тысяч) самородков весом 10кг и более. Однако число гигантов (в несколько десятков килограмм) не превышает 20-30, т.е. они довольно редки (табл. 4 и рис. 39).

## Крупнейшие самородки\* (по В.И.Соболевскому, 1970 с дополнением)

Название самородка	Место находки	Дата находки	Вес, кг
Японец	Япония, с.Хоккайдо	1901	71
Желанный незнакомец	Австралия, гора Молиагул, штат Виктория	5.02.1869	70,9 69,6
Желанный самородок	Там же, Балларат	8.06.1858	68,8 68,2
Блестящий Барклай	Там же, шт. Виктория	27.08.1857	54,2
Канадец I	Там же, Балларат	31.01.1868	50,2 41,02
Канадец II	Там же, Орэндж, Баррандонга	?	40,0
Дэнолли (2 самородка)	Там же, Дэнолли, шт. Виктория	1857	42,4
Посейдон (2-й)	Калифорния, рудник "Монументаль"	?	35,6
Большой треугольник	р.Ташкунтарганка, Урал, Россия	24.10.1842 (ст. стиль)	36,0
Плита Холтермана	Окрестности Сиднея, Австралия	?	275 100
Без имени	Серра-Педада, Бразилия	июнь 1983	48
Без имени	там же	июнь 1983	39

\* В числителе общий вес, в знаменателе – содержание золота

Есть упоминания о находках самородков весом не менее 60-70кг в Чехии, на Кубе, в Гаити, Перу и в других районах, однако нет сведений ни об условиях их находок, ни об облике этих гигантов.

## 1.5 Россия и золота

### 1.5.1 История добычи золота из россыпей

Золото из россыпей добывали еще несколько тысячелетий назад в Верхнем Египте, Нубии, Испании, Колхиде, Трансильвании и Западных Карпатах, Индии, России, на Американском континенте.

Золото из россыпей в древности извлекали промывкой песков на щитах, поверх которых укладывали шкуры животных с подстриженной шерстью (для улавливания крупинок золота), а также при помощи примитивных желобов лотков и ковшей (<http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/1008/120/755.htm>).

В Верхнем Египте россыпное золото добывали еще во времена египетских фараонов из золотоносных песков в дельте Нила и в нижнем его течении. Затем добыча золота из песков переместилась в верхнее течение Нила и в его боковые «вади» (сухие русла временных потоков) и, в конце концов, египетские «горняки» вышли к коренным месторождениям этого драгоценного металла. В песках Нубийской пустыни, через которые прокладывает свой путь Нил и которые принесла сюда сама эта река (Палео-Нил) было столько золота, что песок просто просеивали через сито и улавливали крупные золотишки и множество самородков.

В XI-VI вв. до н.э. золото добывали в Испании в долинах рр.Тахо, Дуэро, Миньо, Гуадьяро. В VI-IV вв. до н.э. россыпи золота разрабатывались в Трансильвании и Западных Карпатах.

В 1577г. были обнаружены золотоносные россыпи в Бразилии.

Первое письменное свидетельство о добыче золота из россыпей в России относится к 1669г. (летопись Долматовского монастыря).

В 1814г. россыпное золото было найдено на Урале, в долине р.Березовка, Л.И.Брусницыным. На глубине около метра, в желтоватой глине он встретил песчаный слой толщиной 5-10см очень богатый золотом (местами золото было видно глазом, а среднее его содержание составляло более 200г/т). Л.И.Брусницын первым обратил внимание на то, что золото стремится проникнуть вглубь и скапливается над плотными породами – у **плотика**. Этот термин быстро вошел в обиход всех россыпников.

За короткий период после открытия Брусницына на Урале было найдено множество богатых золотых россыпей: березовские, миасские, невьянские, исетские, каштымские, ниже-тагильские, пермские и др. К 1824г. на Урале действовало уже более 200 приисков, а добыча золота из россыпей, только по официальным данным, составляла 3т/год.

Большим количеством кристаллов и самородков золота известен Царево-Александровский (Ленинский) прииск близ г.Миасс на Южном Урале. Здесь на плотике, сложенном слоистыми, трещиноватыми плитчатыми известняками, залегающими почти вертикально, было найдено около 20 огромных самородков (в настоящее время они хранятся в Алмазном фонде России) каждый весом по несколько килограммов, огромное количество кристаллов золота, а также многие десятки килограммов мелких золотин, проникших в трещины известняков на глубину нескольких метров (Соболевский, 1970).

Найденные золотые россыпи Урала породили золотую лихорадку по всей России, и уже с 1827г., за 10-15 лет были обнаружены богатейшие россыпи в Сибири у Ачинска, Минусинска, Енисейска, Верхнеудинска, Баргузина, Верхоленска, Витима, Олекминска, Читы и других городов. Сибирь стала настоящим Эльдorado и очень быстро опередила Урал по размерам добычи золота (Локерман, 1977).

В XVIII – XIX вв. очень богатые россыпи золота были найдены в Бразилии, США, Австралии и других странах.

Перед распадом СССР из россыпей добывалось до 45% золота. В объеме мировой добычи золота на долю россыпей приходится около 50% (Россыпные месторождения ..., 1997).

Крупнейшие в настоящее время в мире россыпи золота расположены в России: бассейны рр.Колыма, Индигирка, северное побережье Чукотки, Алданский и Джугджурский районы, Приамурье, Забайкалье, Ленский район, Енисейский кряж, Кузнецкий Алатау, Урал (Фосс, 1965).

### **1.5.2 Классификация россыпей золота**

Существует множество классификаций россыпей: по возрасту, виду полезного ископаемого, генетическим и морфологическим типам и т.п.

Среди золотоносных россыпей встречаются все их генетические типы, но наибольшее промышленное значение имеют аллювиальные россыпи, а среди них – долинные и террасовые.

Среди золотоносных россыпей встречаются россыпи разных возрастов:

- **протерозойские:** золото-урановые конгломераты Витватерсранда (ЮАР), метаморфизованные дельтовые россыпи Ривер (Канада);

- **палеозойские:** россыпное золото в Кузнецком Алатау (карбон); золотоносные конгломераты на Северном Урале, Северном Кавказе, Восточной Туве (пермь);

- **мезозойские:** золотые россыпи Урала, Байкало-Витимского нагорья, Енисейского кряжа (юра); аллювиальные россыпи Зеи, Хингана, Восточного Забайкалья, Кузнецкого Алатау (мел);

- **плиоценовые:** россыпи Восточного Забайкалья, Салаира, Алдана; аллювиальные россыпи Урала;

- **четвертичные** – наиболее распространены современные ( $Q_4$ ) россыпи золота всех генетических типов; широко распространены также россыпи нижневерхнечетвертичного возраста; в четвертичных россыпях грубообломочный материал имеет полимиктовый состав, а из минералов всегда присутствует магнетит.

### 1.5.2 – а. Элювиальные россыпи золота

**Элювиальные россыпи** золота в целом невелики по запасам и почти никогда не имели существенного значения. Н.А.Шило (1985) отмечает наличие элювиальной россыпи золота в западной Австралии и в штате Виктория, где при золотой переработке элювия коренных месторождений происходит обогащение золотом маломощных щебневых отложений.

Элювиальные золотоносные отложения известны также на плоском водоразделе в одном из районов бассейна р.Колыма (они не имеют промышленного значения), где они связаны с убого-сульфидными рудными дайками. Эти россыпи сформировались здесь в результате разной скорости выветривания даек и вмещающих их осадочных (песчаники, сланцы) пород (Шило, 1985).

С.С.Воскресенский (1985) выделяет также золотоносные россыпи кор выветривания (россыпи площадных и линейных кор выветривания каолинового или латеритного состава и россыпи окисленных частей рудных тел, где кора выветривания может быть уплотнена), которые известны в Австралии, Гвинее, Гане, Аппалачах на невысоких плато с почти равнинным рельефом. Здесь находили крупные самородки, а содержание золота местами достигало нескольких граммов на тонну.

### 1.5.2 – б. Россыпи склонов

**Россыпи склонов (делювиальные)** формируются на некотором удалении от коренного источника, но тесно связаны с ним. Содержание полезного компонента в среднем обычно значительно меньше в делювиальных россыпях, чем в элювиальных, и постепенно снижается с удалением от источника. В делювиальных россыпях лишь иногда отмечается резкая концентрация золота в самом нижнем горизонте делювия, как, например, в так называемых “поддерниковых” (под дерном) россыпях. Некоторое обогащение золотом и другими тяжелыми минералами иногда отмечается и в “деллях” (плоских ложбинах, по которым происходит наиболее интенсивное перемещение делювия).

Золото в этом случае накапливается в подошве делювиального покрова с образованием струеподобных обогащенных участков.

Россыпи склонов подразделяются на 4 вида: собственно склоновые (делювиальные), склоново-аллювиальные (делювиально-аллювиальные), аллювиально-склоновые (аллювиально-делювиальные) и марино-склоновые (марино-делювиальные) россыпи.

Собственно склоновые (делювиальные) золотоносные россыпи характеризуются следующими особенностями:

- тесной связью с коренными источниками или элювиальными россыпями;
- небольшой мощностью (0,5м и меньше, редко 1м) промышленного пласта, который обычно располагается вблизи подошвы делювиального покрова или в горизонте "кос" (частично в горизонте разборной скалы);
- секторной или вытянутой в виде полосы формой в плане с наибольшей обогащенностью золотом в верхней части;
- широким распространением, но в целом бедным содержанием золота (Воскресенский, 1985).

Аллювиально-делювиальные россыпи золота образуются при разрушении россыпей речных террас и вовлечении их в перемещение по склону. Они распространены довольно широко во всех золотоносных районах и нередко выделяются высоким содержанием золота и значительной крупностью его частиц.

### 1.5.2 – в. Ледниковые россыпи золота

**Ледниковые россыпи золота** характеризуются невысоким содержанием полезного компонента и небольшими размерами. Среди них известны: золотоносные морены Аляски (Клондайк), бедная золотая россыпь донной морены в Аллаш-Юнском районе (Россия); флювиогляциальные россыпи золота Новой Зеландии и Памира.

Ледниковые россыпи характеризуются следующими особенностями:

- беспорядочным распределением золота во всей толще наносов;
- отсутствием сортировки частиц по размерам;
- неравномерной и незначительной механической обработкой обломочного материала;
- преобладанием остроугольных форм зерен минералов;
- полимиктовым вещественным составом отложений.

В отдельных случаях отмечается наличие промышленно ценных участков накопления золота в толще морен в Колымском районе (Россия), хотя в целом по этому же району на долю золотоносных россыпей в морене приходится менее 0,0001%. Доля флювиогляциальных россыпей золота для ледниковых районов оценивается в 1% (Воскресенский, 1985).

Автор этих строк находил в шлихах, намывных из флювиогляциальных отложений северного склона массива Арагац, знаки золота небольших размеров.

## 1. 5. 2 – г. Аллювиальные россыпи золота

Наибольшей известностью, как отмечалось выше, как по распространенности, так и по содержанию полезного компонента пользуются аллювиальные золотоносные россыпи. Им посвящена обширная литература в виде отдельных монографий, материалов различных конференций, статей в журналах и т.п. Здесь хотелось бы остановиться лишь на золотоносных россыпях Ленского района, где мне посчастливилось поработать в экспедиции ЦНИГРИ и где я приобрел опыт самостоятельных полевых работ, а также “заболел” россыпями.

К числу крупнейших в мире аллювиальных россыпей золота относится Бодайбинское месторождение, известное с 1864 года. Это – сложная по строению многопластовая залежь, состоящая из серии россыпей и подразделяющаяся на несколько участков по условиям залегания пластов, характеру распределения золота, степени изученности. По морфогенетическому типу Бодайбинская россыпь на значительном протяжении в верхнем и среднем течении относится к мараканскому типу, на других участках она характеризуется чертами, свойственными тунгусскому и ныгринскому типам (по определению Ю.П.Казакевич, 1965) – рис. 40.

Бодайбинская россыпь за 120 лет эксплуатации дала почти 1000т золота (Россыпные месторождения ..., 1997), а в настоящее время отвалы ее отработанной породы (громадные по объему техногенные россыпи) представляют промышленный интерес.

В 1950г. была открыта крупная Мараканская россыпь, состоящая из россыпи глубокого тальвега и погребенных террас нескольких уровней (глубины от 30 до 80м) – рис. 41.

Наибольшей обогащенностью золотом выделяется пласт плиоцен-нижнеплейстоценового возраста. Его мощность возрастает в нижней части месторождения, расположенного в пределах относительно опущенного блока и крупной карстовой депрессии.

Большой известностью пользуются аллювиальные россыпи в бассейнах рр.Большой Патом и Жуя, расположенных в пределах разных неотектонических структур Патомского нагорья, которые на новейшем этапе развития испытывали разнонаправленные движения.

Неотектоническая «жизнь» региона отразилась и на строении его аллювиальных золотоносных россыпей. В областях преобладающего погружения преимущество имеют погребенные россыпи, а в областях поднятий и относительного покоя – долинны россыпи и в меньшей степени – россыпи надпойменных террас. На пограничных участках распространены как погребенные, так и террасовые и долинны. Эти участки сочленения впадин и поднятий являются наиболее благоприятными для формирования россыпей (Сапрыкин, Шофман, 1965).

### 1.5.2 – г-1. Золотоносные россыпи верховий р. Б.Патом (по материалам исследований автора)

В области умеренного погружения (мощность четвертичных отложений составляет здесь 35 – 100м) расположено верховье р.Б.Патом, в долине которого

имеются богатая по содержанию золота погребенная россыпь и менее богатая россыпь современной долины (рис.42).

Плотик погребенной россыпи верховий р.Б.Патом сложен в разной степени выветрелыми углистыми, слюдистыми, песчано-слюдистыми, известково-слюдистыми сланцами, известняками и мраморами, характеризующимися интенсивной сульфидной минерализацией. Имеются выходы кварцевых жил.

Большое разнообразие пород, наличие многочисленных горизонтов и прослоев известняков и мраморов вместе с известняково-слюдистыми сланцами обуславливают очень неровный рельеф плотика (рис.43).

Толща рыхлых отложений, заполнивших долину р.Б.Патом, золотоносна не в одинаковой степени.

Древний аллювий ( $Q_{1-2}$ ), представленный глинами и глинистыми песками с хорошо окатанной галькой и включениями щебенки, содержит значительное количество золота. Мощность золотоносного пласта равна 2-5м, а содержание золота по отдельным скважинам достигает 1,7-3,8г/м<sup>3</sup> пласта.

Перекрывающие древний аллювий предположительно ледниковые отложения тоже золотоносны, но золото в них содержится в гораздо меньших концентрациях. Лишь в отдельных пропластках мощностью 0,5-1,0м содержание золота имеет промышленное значение. Обычно обогащенные золотом пропластки расположены в нижней части ледниковых отложений на высотах 15-20м над плотиком глубокого тальвега. Отмечается также их тяготение к бортовым частям погребенной долины.

Верхнечетвертичный и современный аллювий золотоносны слабо. Содержание золота в нем обычно бедное и только изредка встречаются значительные его накопления. Золотоносный пласт мощностью до 3-4м залегает на глубине 5-10м под современным руслом. Золото есть в аллювии второй надпойменной террасы и в русле, а также в аллювии высокой древней террасы, цоколь которой возвышается на 60м над современным руслом.

Россыпь верховий р.Б.Патом в плане имеет длину 10км при средней ширине в 400-450м. Струя промышленного содержания имеет длину 7,5км, ширину 50-80м, наибольшие содержания золота достигают 2-2,5г/м<sup>3</sup> массы.

В верховьях р.Б.Патом выделяются россыпи глубокого тальвега и днища долины, погребенных террас и пропластков.

Основной россыпью здесь является **россыпь глубокого тальвега и днища долины**. Содержание золота в этой россыпи местами резко возрастает до 20-30г на 1м<sup>3</sup> пласта (при среднем содержании в 1-3г).

**В россыпи низких (5-9м) погребенных террас** содержание золота местами достигает 25-36 г/м<sup>3</sup> пласта. Аллювий террас высотой 10-15м в целом беднее золотом, чем аллювий низких террас (в среднем 2-3 г/м<sup>3</sup> пласта, максимальные содержания достигают 8-10г на 1м<sup>3</sup> пласта). Еще беднее аллювий террас высотой 17-22м (максимальные содержания золота в нем не превышают 2г на 1м<sup>3</sup> пласта).

**Высокие погребенные террасы** не все золотоносны. В сохранившемся аллювии террас высотой 22-25м и 25-30м не обнаружено даже знаков золота. Некоторые признаки золотоносности проявляет терраса высотой 35-40м, но

аллювий здесь полностью смыт, а знаки золота встречены в разрушенных коренных породах.

Еще более высокая погребенная терраса (45-50м) обнаруживает значительную золотоносность (до 8г на 1м<sup>3</sup> пласта). Золото здесь накопилось в верхней (0,6м) части разрушенных коренных пород, а аллювий террасы полностью смыт.

Таким образом, наиболее высокие погребенные террасы золотonosны. Некоторые из них находятся выше современного русла и могут представлять собой поисковый интерес.

**Россыпь пропластков** в целом бедная по содержанию золота (обычно менее 1г на 1м<sup>3</sup> пропластка, редко – до 5-7г на 1м<sup>3</sup> пропластка).

### 1.5.2 – г-2. Золотonosные россыпи участка среднего течения р.Жуи

(по материалам исследований автора)

Среднежуинский участок расположен в пределах Бодайбинской внутренней впадины, на границе с областью поднятий и отличается небольшой (8-15м) мощностью четвертичных отложений.

В отличие от верховий р.Б.Патом в Среднежуинском участке отмечается совершенно иное распределение золота в рыхлых отложениях по вертикали (рис.34).

К сожалению, по плотике долины р.Жуи имеются лишь немногочисленные данные, которые показывают, что в разрушенных коренных породах золото встречается очень редко и содержание его не превышает 0,1г на 1м<sup>3</sup> пласта. Но в области поднятий, где часто современный аллювий залегают прямо на плотике, случаи золотonosности разрушенных пород нередки. Золото здесь осадилось из аллювиальных галечников и проникло на глубину 1-2м, а его содержание составляет 0,5-0,8г на 1м<sup>3</sup> пласта.

Залегающие выше илы и илистые пески предположительно ледникового происхождения почти полностью лишены золота. Лишь изредка в них встречаются пропластки с незначительным содержанием золота. Нет золота и в галечниках аналогичного происхождения.

В древней долине р.Жуи аллювий, по-видимому, был размыт в результате поднятий, предшествовавших эпохе оледенения. Но местами он мог сохраниться, свидетельством чего является выявление золотonosного аллювия на борту древней долины на высоте 80м над древним тальвегом (погребенная высокая терраса?).

Потепление климата и новое поднятие всего бассейна р.Жуи вызвали формирование современного аллювия. Долина реки стала расширяться, вскрылись коренные источники золота бортов долины, стали размываться сохранившиеся остатки древней россыпи (80-метровый уровень – см. выше), началось формирование новой россыпи. Поэтому аллювий верхнечетвертичной и современной эпох золотonosный. Золото содержится в аллювии I, II и III надпойменных террас, высокой и низкой поймы, а также в русловом аллювии (рис.44). Золотonosный пласт представлен галечниками с глинистым песком. Содержание золота достигает 2-4г на 1м<sup>3</sup> пласта.

В плане россыпь р.Жуи на описываемом участке образует непрерывную залежь длиной 19,5км и шириной 200-300м. Только на трех участках, где имеется террасовая россыпь, ширина резко возрастает до 800м. Пустые струи в россыпи отмечаются редко и имеют небольшие размеры. Основная часть россыпи имеет бедное содержание (менее 0,15г на 1м<sup>3</sup> массы), но все же оно промышленного значения. Выделяются отдельные богатые струи с содержанием золота до 1,2-2,3-4,9г на 1м<sup>3</sup> массы. Обогащение отдельных участков россыпи связано с зонами карбонатизации и кварцевых жил, которые являются продолжением зоны минерализации (с ней связаны коренные источники золота); повышенной пиритизации; поступлением золота из верхних участков и многочисленных золотоносных притоков.

По морфологическому типу в россыпи р.Жуи выделяются террасовая и русловая, а также косовая россыпи.

**Русловая россыпь** является основной на Среднежуинском участке. На ее долю приходится большая часть богатых струй. Ширина русловой россыпи здесь соответствует ширине русла и равна 200-250м. Золотоносный пласт представлен хорошо окатанными галечниками с глинистым или илистым песком. Мощность золотоносного руслового аллювия колеблется в пределах 5-12м. Золото есть во всей толще аллювия и образует отдельные пласты или пропластки, разделенные немаллоносным аллювием. Содержание золота в среднем составляет 0,5г на 1м<sup>3</sup> массы, но отмечаются концентрации до 2-4г на 1м<sup>3</sup> массы. Наблюдается тяготение богатых струй к вогнутому берегу, что связано с концентрацией тяжелых фракций на участках с большей скоростью потока. По вертикали отмечается гравитационное осаждение золота в нижние слои аллювия.

**Террасовые россыпи.** К этим россыпям отнесена и россыпь поймы (как террасы в стадии формирования).

Пойменная россыпь образует непрерывную залежь длиной около 2,5км лишь ниже пос. Перевоз. Мощность золотоносного пласта в этой россыпи составляет 2-3м, а содержание золота – 0,4-0,5г на 1м<sup>3</sup> пласта.

Россыпь террас высотой 6-8м имеет ширину 200-220м и прослеживается на отдельных участках. Мощность пласта составляет от 1 до 5-6м, а содержание золота – 0,1-0,15г на 1м<sup>3</sup> пласта.

Россыпь террас высотой 10-15м встречается несколько чаще. Пласт имеет мощность от 1 до 5м, есть пропластки мощностью 0,2-0,5м. Золото сосредоточено в нижней части русловой фации аллювия. Ширина россыпи этих террас равна примерно 200м. Содержание золота достигает 0,3-0,4г на 1м<sup>3</sup> пласта.

Выделяется также россыпь террас высотой 20-25м и 80м (в районе пос.Перевоз). Золото встречается пропластками мощностью 1-2м, но есть и мощные пласты – до 6-7м. Содержание золота составляет 0,15-0,4г на 1м<sup>3</sup> массы, что имеет здесь промышленное значение.

**Косовая россыпь** состоит из мелкого (косового) металла, осаждающегося вдоль выпуклых берегов р.Жуи и на песчано-галечных островках, косах и отмелях. Косовой металл переносится во взвешенном состоянии и поэтому при спаде половодья попадает лишь в самые верхние части аллювия, в то время как пластовый металл перемещается в толще донных отложений и стремится осесть в самый низ активного слоя.

### 1.5.2 –г-3. Методы добычи аллювиальных россыпей золота

В древние времена, как отмечалось выше, золото из россыпей извлекали промывкой песков на щитах с уложенными на них шкурами животных с подстриженной шерстью, которая улавливала золотинки, а также при помощи различных лотков и ковшей.

Лотки применяются и сейчас при поисках золота и других тяжелых минералов для отмывки шлихов.

Золотоносные россыпи в зависимости от их типа, мощности, горно-геологических условий залегания разрабатывают в основном открытым способом с помощью скреперно-бульдозерного, экскаваторного оборудования, средств гидромеханизации и драгами.

**Гидравлический способ** наиболее пригоден для разработки делювиальных и элювиально-делювиальных, а также террасовых россыпей. Русловые и долинные россыпи можно разрабатывать этим способом при уклоне не менее 0,04. Наличие крупных валунов отрицательно сказывается на применении этого способа. Общий объем валунов, которые надо убрать, не должен превышать 10% от полного объема работ.

Впервые гидравлическую разработку россыпей осуществил в 1867г. А.П.Чаусов около озера Байкал, а в 1888г. Е.А.Черкасов применил этот способ в долине р.Чебалсук в Абаканской тайге.

При гидравлическом способе разработки россыпи используется струя воды под высоким давлением (более 4 атмосфер). Монитор с насадкой в 75мм при напоре в 40м на породах средней крепости за 1 час размывает 10-12<sup>м</sup><sup>3</sup> горной массы или 200-250<sup>м</sup><sup>3</sup> за сутки. Производительность гидравлических агрегатов (монитора, элеватора) зависит от величины напора воды, диаметра насадки, коэффициента прочности породы, характера и уклона плотика.

Гидравлический способ разработки россыпей золота широко применяется на Патомском нагорье (рис.45). Здесь сезон работы гидравлики длится 190-210 дней.

**Гидромеханический способ** с использованием плавучих землесосных снарядов применяют для разработки песчано-гравелистых россыпей, залегающих на глубинах 10-18м и имеющих ровный нетрещиноватый плотик. Глинистых частиц должно быть не более 10-15%, валунов крупностью 10-15см – не более 20%, приток чистой воды – не менее 3-4<sup>м</sup><sup>3</sup> на 1<sup>м</sup><sup>3</sup> породы.

**Экскаваторный способ** с использованием драглайнов в комбинации с плавучими обогатительными установками применяют для разработки талых долинных россыпей с ровным, разрушенным или мягким плотиком, при содержании глины не более 30%, валунов крупностью более 10см – не более 20-25%, притоке чистой воды – более 4<sup>м</sup><sup>3</sup> на 1<sup>м</sup><sup>3</sup> породы, ширине россыпи – не менее 20м.

**Роторные экскаваторы** можно применять для разработки только талых россыпей при глубине их залегания не менее 2,5м и не более 40м. Содержание глины не является лимитирующим фактором.

#### **Дражный способ**

Для добычи золота из россыпей драгу впервые применили в 1863г. в Новой Зеландии, на р.Клаза. Это была простейшая драга, на которой в качестве

черпающего устройства применялось подобие механической лопаты. Приводилось оно в движение вручную с помощью ворота, и монтировалось на плавающем основании. С 1870г. драги такого типа стали оснащать механизированным приводом от паровой машины.

В 1895г. была построена первая в США многочерпаковая (с черпаками емкостью 150 литров) драга с паровым приводом и глубиной черпания 7,5м. В дальнейшем паровой привод был заменен на электрический, и эта драга стала первой электрической драгой.

С 1900г. драги стали изготавливать и в России вначале на Невьянском заводе на Урале, затем на Путиловском (с 1903 года), Пермском машиностроительном и Иркутском заводе тяжелого машиностроения (с 1929 года). На последнем в 1969 году сконструировали и изготовили уникальную драгу с черпаками 600л и предельной глубиной черпания пород 50м ниже уровня воды – крупнейшую в мире драгу, которая впервые была задействована на разработке богатейшей Мараканской россыпи на Патомском нагорье (рис. 46).

Эта драга оснащена современными средствами управления. Здесь установлены две многоканальные системы промышленного телевидения, гидролокационная аппаратура, автоматические устройства для слежения за работой черпаковой цепи, указатели положения свай, измеритель крена драги, глубиномер, датчики уровня воды в отсеках понтона и др. Драгу обслуживает сменная бригада из 8 человек.

Дражный способ применяется только для разработки талых или предварительно оттаянных мерзлых россыпей, имеющих более или менее ровный и мягкий плотик и мощность отложений, не превышающих глубину черпания драги, при уклоне долины не менее 0,001-0,003 и не более 0,01.

Если в приплотиковом слое есть валуны и глыбы в количестве более 40%, то драги с ковшами емкостью до 210л не применяются из-за больших потерь полезного минерала.

Для работы драги необходима проточная вода или возможность сбора ее в количестве, достаточном для промывки породы и поддержания в дражном разрезе уровня, обеспечивающего маневрирование драги.

В условиях Сибири драги работают с апреля-мая по ноябрь (6-8 месяцев, иногда 9-10 месяцев) (рис.47).

Россыпи с запасами менее 3 млн.м<sup>3</sup> массы не могут служить полигонами даже для средних драг. Но если технико-экономические условия допускают, то они могут обрабатываться малолитражными драгами. Применение последних наиболее выгодно для разработки русловых россыпей глубиной до 5м, сложенных промывистыми безвалунными речниками.

По эффективности добычи золота из россыпей дражный способ является лучшим.

### **1.5.3. Морские и озерные золотоносные россыпи**

Под воздействием вдольбереговых течений и прибоя в береговой зоне морей и крупных озер происходит дифференциация тяжелых минералов как вдоль берега, так и в поперечном направлении на пляже. При наличии источников поступления тяжелых минералов (в частности, золота) в береговую зону, здесь

могут сформироваться значительные их концентрации в разных участках этой зоны с образованием промышленных содержаний.

Морские россыпи золота известны на берегах США, Австралии, Бразилии, Чили, Канады, ЮАР, Дальнего Востока и др. (Смолдырев, 1975). При этом золото здесь встречается в россыпях как в чистом виде, так и в комплексе с другими минералами (магнетитом, касситеритом) или золотоносные россыпи могут быть обогащены платиной.

Одной из известных морских россыпей золота является россыпь на Аляске недалеко от Нома, расположенная вдоль морского пляжа на протяжении 5 км полосой до 100 м ширины. Высота этой россыпи над уровнем моря составляет 11-25 м (приливо-отливная терраса), и она удалена от уреза воды на 1,5 км. Продуктивный пласт лежит на ложном плотике из глины и представлен в виде струй шириной 0,3-0,4 м и мощностью до 0,1-0,2 м. Среднее содержание золота составляет 1,5-20 г/т, местами концентрации металла достигают нескольких сотен граммов (Воскресенский, 1985). Дж.Меро (1969) отмечает, что с 1961 г. компания "Шелл Ойл" стала проводить разведочные работы на золото в прибрежной зоне до глубины 60 футов (20 м) на площади 8 кв. миль. Были выявлены увеличение мощности продуктивной толщи на подводном склоне в несколько раз по сравнению с расположенной толщей на суше, наличие крупных аномалий, связанных со спутником золота – магнетитом.

Россыпь у города Ном имеет большое промышленное значение. Из нее на сегодняшний день добыто несколько сотен тонн золота.

Есть золотые россыпи и на шельфе юго-восточной Аляски в руслах затопленных древних водотоков, на глубинах до 150 м. Правда, золото здесь очень мелкое и до сих пор отсюда не извлечено сколько-нибудь ощутимых количеств золота.

Россыпи золота на побережье Аляски связаны также с расположенными на подводном береговом склоне и в погребенном состоянии реликтами руслового аллювия и древних валов (источником золота здесь являются золотоносные иллинойские ледниковые отложения).

Россыпи золота в других районах на шельфах морей связаны с реликтами речных долин, а также с береговыми барами (в случае современной береговой зоны).

На южном побережье штата Новый Южный Уэльс (Австралия) есть пляжевая россыпь золота. Наиболее богатые его участки уже разработаны и в настоящее время добыча золота при помощи драги осуществляется у устья р. Бердекин (штат Квинсленд). Содержание золота в песках составляет в среднем 0,43 г/т, однако запасы золотоносных песков здесь довольно значительные – более 150 млн. м<sup>3</sup>.

В Новой Зеландии россыпь золота морского происхождения есть у г. Греймут на о. Южный (здесь только в 1971 г. было добыто 255 кг золота).

На Панамском побережье есть комплексные россыпи золота с рутилом и кинварью. На пляжах юго-западного побережья Орегона из россыпей извлекают кроме золота также платину, хромит и другие тяжелые металлы (Меро, 1969).

На юго-западном побережье Гренландии имеются россыпи золота и платины.

Следует отметить, что формирование морских россыпей связано с закономерностями развития береговой зоны, особенностями перемещения и накопления наносов, наличием источников золота и других тяжелых минералов и целым рядом других факторов.

Без знания динамики береговой зоны и геологии изучаемого морского берега невозможно организовать поиски морских россыпей.

#### 1.5.4. Золотоносные конгломераты

В качестве россыпей рассматриваются также золотоносные конгломераты, представляющие собой древние метаморфизованные россыпи. Правда, в их происхождении еще много неясного. Некоторые из метаморфизованных россыпей несут признаки более поздней, “наложенной” на них минерализации. Поэтому Г.П.Воларович (Соболевский, 1970) наряду с первично-эндогенными и экзогенными месторождениями выделяет тип экзогенных образований с наложенным эндогенным оруденением. К этому типу и относится ряд крупных и очень богатых месторождений – золотоносных конгломератов, в их числе и крупнейшее в мире по запасам золота и урана – Витватерсранд (ЮАР), содержащее также платину. Здесь получают от 25 до 50% добываемого в мире золота. Это месторождение было открыто в 1886г. и за все время эксплуатации по сегодняшний день дало около 45 тысяч тонн золота (Константинов, 2000). Максимум годовой добычи пришелся на 1970г. – 1000,4т.

Формация Витватерсранда лежит на гранито-гнейсах и относится к кембрию или докембрию. Литологически она представлена внизу сланцами и кварцитами, вверху - конгломератами с подчиненным количеством сланцев. Мощность формации составляет 7500м.

Золотоносные конгломераты сосредоточены в верхней части формации и приурочены к семи различным горизонтам (рифам). Каждый риф состоит из нескольких пластов мощностью от 0,6 до 12м. Золото находится на разных горизонтах каждого рифа в виде струй, расположенных более или менее параллельно друг другу или иногда веерообразно. Размеры струй составляют: длина - 600 - 1500м, ширина – 15 – 300м. Кварциты, разделяющие пласты конгломератов, не содержат золото.

В пластах конгломератов наибольшее количество золота содержится вблизи лежачего бока. Отмечается определенная зависимость между крупностью гальки в конгломерате и содержанием в нем золота:

- при диаметре (d) гальки в 4-6см содержание золота составляет 60г/т;
- при  $d = 2-4\text{см}$  - 30г/т;
- при  $d = 1-2\text{см}$  - 15г/т.

Золото содержится только в цементе конгломератов, галька не содержит золото. Все золото отличается чрезвычайно мелкими размерами - 45-66% золотинок имеют размеры 0,01 – 0,07мм. Золотинки неокатанные, угловатые, кристаллические. Галька конгломератов представлена в основном стекловатым кварцем, меньше – кварцитом и кремнистым сланцем.

Цемент конгломератов проникнут вторичным кремнеземом и содержит много пирита. Встречаются также серицит, кальцит, графит и в небольшом количестве окатанные зерна циркона и хромита. Золото часто вкрашено в пирит или образует на нем поверхностный налет.

Конгломераты метаморфизованы и сильно дислоцированы. Условия образования этих конгломератов изучили многие геологи, но до сих пор не достигли единства во взглядах. Есть две крайние точки зрения:

- золотоносные конгломераты образовались вследствие размыва толщи архейского возраста, т.е. источником золота и урана является более ранняя гидротермальная минерализация;

- золото было привнесено совместно с ураном гидротермальными растворами в уже существующую толщу конгломератов.

Золотоносные конгломераты известны также в Гане (Тарква), Бразилии (Жакобина), Австралии (Каллагайн) – содержание золота в этих конгломератах пермь – карбонового возраста составляло 2-30г/т; в Канаде на берегу оз. Гурон (здесь золото – урановые конгломераты прослеживаются на протяжении 125 км при ширине 15км и мощности более 1200м).

В Южной Дакоте (США) в горах Блек-Хилс известны ископаемые россыпи кембрийского возраста. В основании кембрия лежит базальный конгломерат мощностью 1,5-10м, перекрываемый песчаниками и кварцитами. Нижняя часть конгломерата мощностью 1,5-1,8м является промышленно золотоносной и разрабатывается. Местами содержание золота в нем доходило до 80г/т.

Мощная (до 6 тысяч метров) толща конгломератов с золотоносным глинисто-кальцитовым цементом и редкой кварцевой галькой с видимым золотом имеется в Дарвазе (Таджикистан).

Промышленные золотоносные конгломераты различного возраста, петрографического состава и происхождения есть в бассейнах рр.Лены, Енисея, Амура, в Саянах и других районах России (Соболевский, 1970; <http://chemistry.ru/artides/artide>).

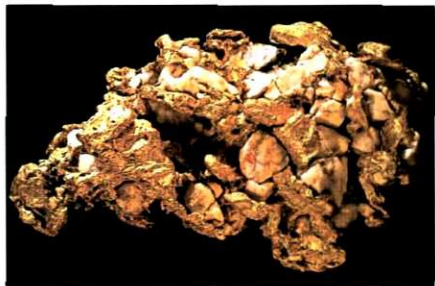
Разработка золотоносных конгломератов производится подземным способом. Самая глубокая шахта расположена в ЮАР, на месторождении Витватерсранд. Её глубина составляет более 4,5км. Здесь вместе с золотом добывают также платину и уран. В шахтах месторождения Витватерсранд глубиной более 3700м температура воздуха составляет 50-52<sup>0</sup>С.



а



б



в

Рис.35. Агрегаты золота: а,б - из месторождений Калифорнии,США ( Корбел, Новак, 2004): а - 48мм, Эльдorado, б - 68мм, Излз-Нест-Майн; в - фото из Интернета



Рис. 36. Расположение нового месторождения золота в Бразилии



Рис. 37. Холм Серра-Пелада, облепленный золотоискателями



Рис. 38. Носильщики поднимают по лестницам золотоносную породу в мешках с глубины 90м для промывки



Рис. 39. "Плита Холтермана", найденная в окрестностях Сиднея (275 кг)

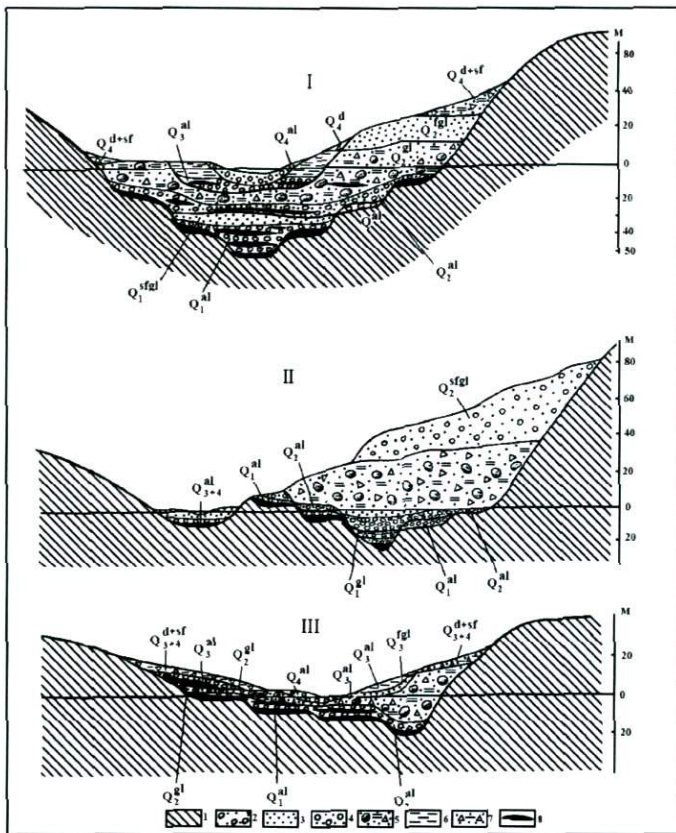


Рис. 40. Морфогенетические типы золотоносных россыпей Бодайбинского месторождения (Казакевич, 1965): I – мараканский, II – тунгусский, III – ныгринский; 1 – коренные породы, 2 – галечники, 3 – пески, 4 – пески с обильной галькой, 5 – морена, 6 – илы, 7 – щебенистые отложения, 8 – золотоносные пласти

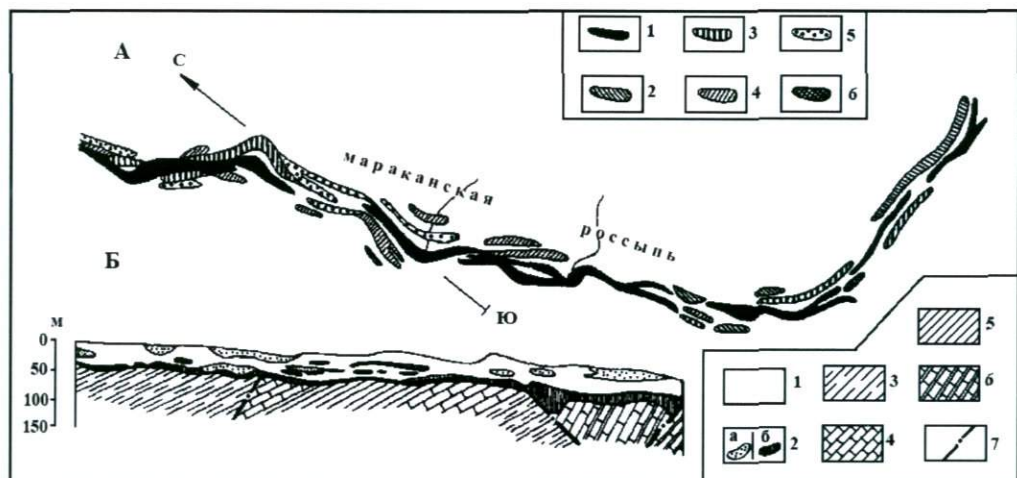


Рис. 41. Схема размещения в плане разновозрастных россыпей в месторождении золота р.Маракан (А) и его продольный разрез (Б) (Казакевич, 1972): А. 1 – россыпи глубокого тальвега, 2 – 6 террасовые россыпи (высота террас в м): 2 – 4-7; 3 – 10-12; 4 – 16-20; 5 – 20-25; 6 – 30-35;

Б. 1 – рыхлые отложения; 2 – золотоносные пласты: а – бедные, б – богатые; 3-6 – коренные породы плотика: 3 – кристаллические сланцы, 4 – мраморы, 5 – углистые сланцы, 6 – переслаивание сланцев и мраморов; 7 – разрывные нарушения, подновленные тектоникой

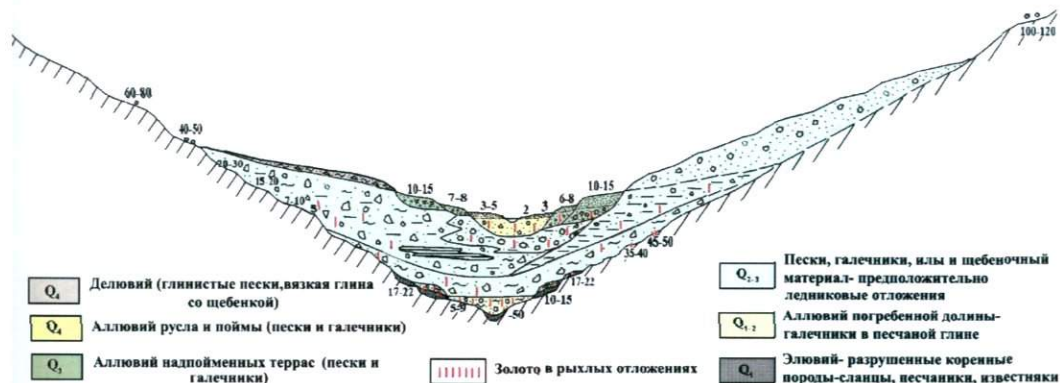


Рис. 42. Схематический сводный поперечный профиль верхнего участка долины р.Б.Патом (по данным И.Л.Шофман с коррективами автора)

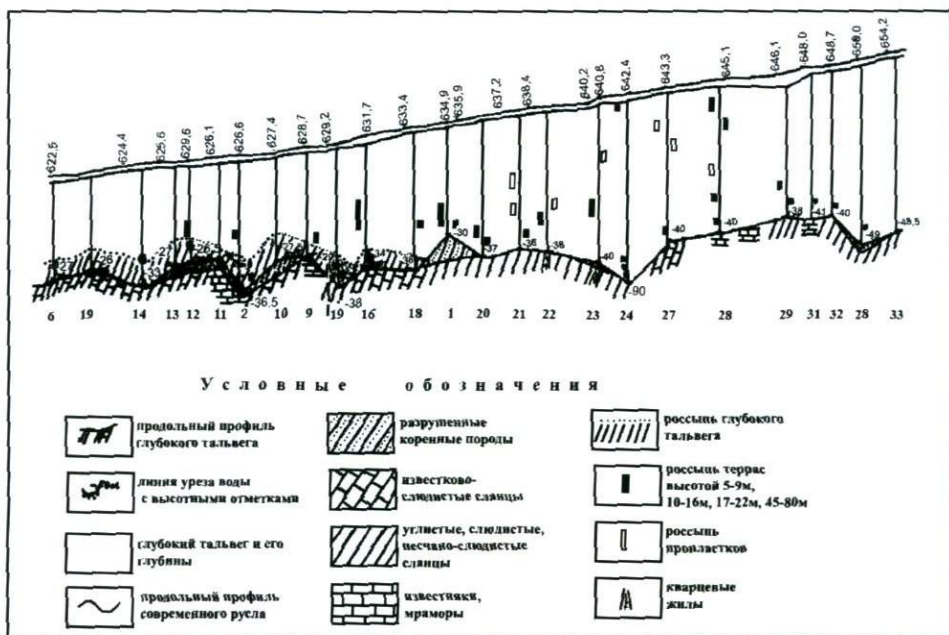


Рис. 43. Продольный профиль глубокого тальвега верховий р. Б.Патом (по И.Л.Шофман с коррективами автора)

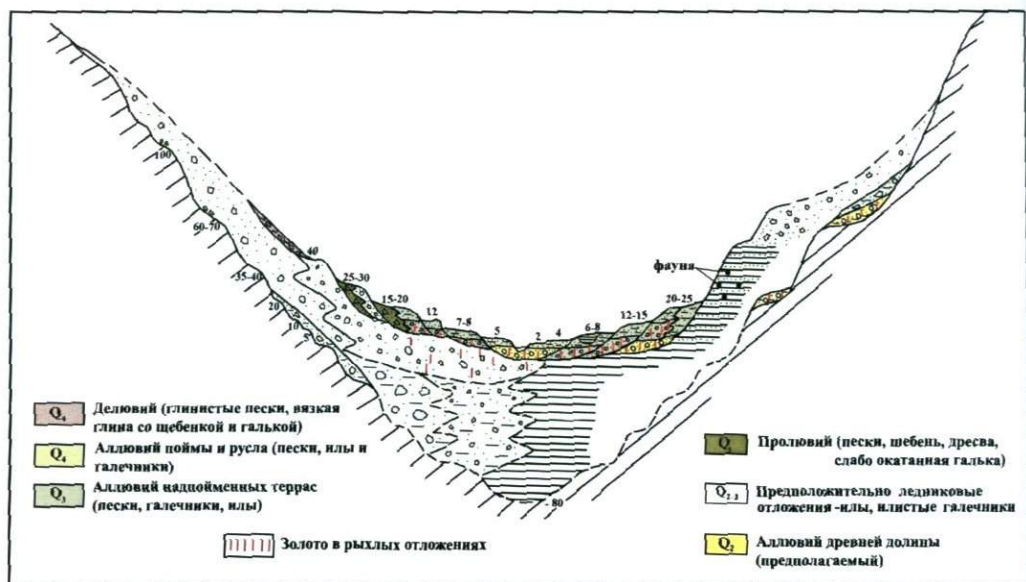


Рис. 44. Схематический сводный поперечный профиль долины р. Жуи на Среднежуинском участке (от пос.Светлый до пос.Перевоз) (по данным И.Л.Шофман с коррективами автора)



*a*



*б*



*в*



*г*



*д*

*Рис. 45. Разработка золотоносных россыпей Патомского нагорья гидравлическим способом (фото автора): а – гидравлика пос.Хомолхо; б – гидравлика Кадали-Макит; в – общий вид золотоносных галечников гидравлики Кадали-Макит; г – плотик россыпи гидравлики Кадали-Макит, обнажившийся после размыва галечников; д – золотоносные галечники гидравлики Ходокан; в галечниках и на плотике автор отмечал многочисленные случаи видимого золота в виде мелких пластин и зерен*

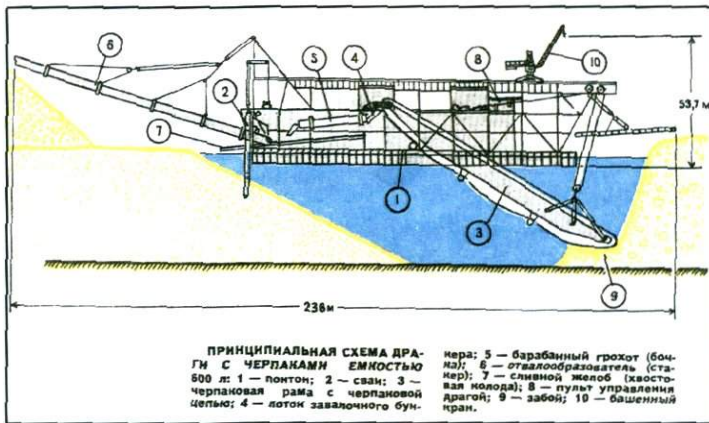
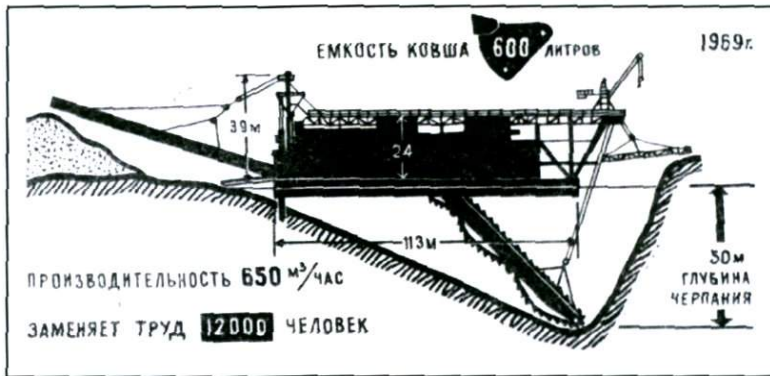
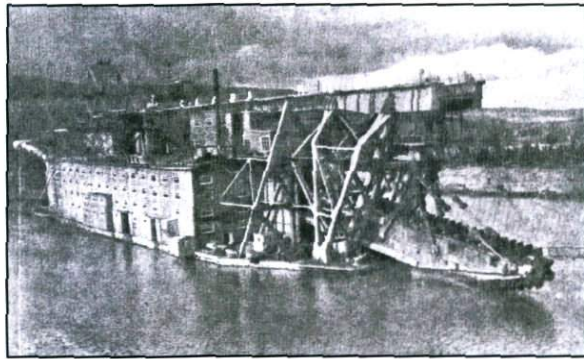
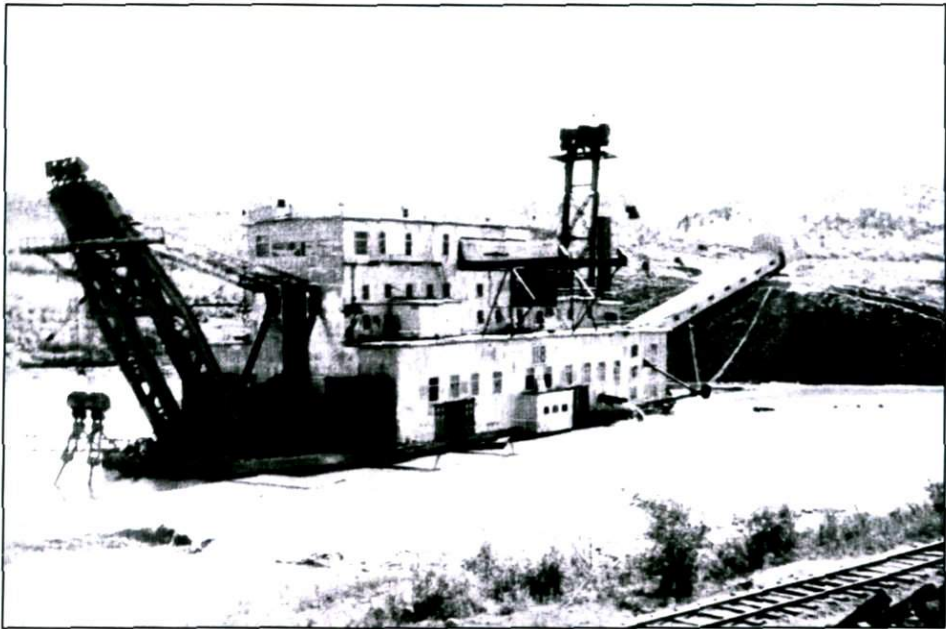


Рис. 46. Мараканская драга (Лешков, 1970): а — общий вид; б — параметры драги; в — принципиальная схема драги: 1 — понтон; 2 — сваи; 3 — черпаковая рама с черпаковой цепью; 4 — лоток завалочного бункера; 5 — барабанный грохот (бочка); 6 — отвалообразователь (стакер); 7 — сливной желоб (хвостовая колода); 8 — пульт управления драгой; 9 — забой; 10 — башенный кран



*Рис.47. Драга емкостью ковша 115л у пос.Кропоткин на Патомском нагорье (фото автора, конец октября)*

## §2. Платина

**Платина** (самородная) (испан. platina – серебрецо, что означает “фальшивое серебро”) – минерал состава Pt. В периодической системе Д.И.Менделеева стоит под номером 78 и имеет атомный вес 195,08 (3). Вместе с серебром и золотом относится к семейству благородных металлов.

В литературе XVIIIв. платина именовалась как “белое золото”, “гнилое золото”, “лягушачье золото”. Платина в XVI-XVIIвв. ценилась вдвое ниже, чем серебро. Она долгое время не находила применения из-за своей тугоплавкости. Первое практическое применение платине нашли фальшивомонетчики в середине XVIIIв., начав подмешивать ее к золоту и серебру вначале в украшениях, затем и в монетах. Когда об этом узнало испанское правительство, оно специальным королевским указом предписало уничтожать всю платину, добываемую попутно с золотом. Поэтому платину, добываемую в то время в Южной Америке и оттуда ввозимую в Испанию, стали торжественно при многочисленных свидетелях топить в рр.Боготе и Кауке. В России старатели, вынужденные кропотливо отбирать белые зерна платины от золота, стали использовать их в качестве дробы для охотничьих ружей вместо свинца, который стоил дорого в магазинах. Отношение к платине изменилось лишь после того, как разобрались, что же это такое. Испанское правительство не только отменило в 1778г. свой указ, но и само стало подмешивать платину к золоту монет, закупая ее по очень низким ценам.

## 2.1. Свойства платины

Самородная платина обычно представляет собой естественный сплав с другими благородными (паладий, иридий, родий, рутений, осмий) и неблагородными (железо, медь, никель, свинец, кремний) металлами:

- *поликсен* содержит 80-88% платины и 9-10% железа;
- *купроплатина* – 65-73% платины, 12-17% железа и 7,7-14% меди;
- *никелистая платина* – вместе с платиной в ее состав входят также железо, медь и никель;
- *природный сплав* платины только с палладием или только с иридием.

Есть также соединения платины с серой, мышьяком, сурьмой: *сперрилит* –  $PtAs_2$ , *куперит* –  $PtS$ , *брезгит* –  $(Pt, Pd, Ni)S$ .

Цвет платины стально-серый, серовато-белый до темно-серого (при содержании железа), блеск и черта металлические. Удельный вес чистой платины  $21,5 \text{ г/см}^3$  (это – один из самых тяжелых металлов), при наличии примесей –  $14-19 \text{ г/см}^3$ ; твердость 4-4,5 (увеличивается с содержанием железа). Температура плавления равна  $1769^\circ\text{C}$ , кипения –  $3800^\circ\text{C}$ .

При комнатной температуре платина весьма инертна, при нагревании в атмосфере кислорода медленно окисляется с образованием летучих оксидов. В мелкоизмельченном состоянии поглощает много кислорода. В химическом отношении платина более устойчива, чем золото. Она растворяется только в горячей “царской водке” и жидком бrome. Платина разрушается при нагревании со щелочами в присутствии кислорода, поэтому плавить щелочи в платиновой посуде нельзя. Платина является очень активным катализатором многих химических реакций (особенно в мелкоизмельченном состоянии). Платина отличается большой тягучестью и хорошей электропроводностью, не корродирует в большинстве агрессивных сред, в химические реакции вступает нелегко. Ферроплатина магнитна.

Платина встречается в форме кубических кристаллов, зерен, чешуек (рис. 48).

## 2.2. Распространенность в природе, коренные месторождения

Платина – один из самых редких металлов: среднее содержание в земной коре составляет  $5 \cdot 10^{-7}\%$  по массе.

Платина связана с магматическими сегрегациями ультраосновных пород в ассоциации с хромитом, оливином и магнетитом, а также с медно-никелевыми месторождениями пирротинового типа (особенно палладистая платина). Медистая и никелистая платины образуются в результате изменения платины в процессе серпенизации. Чистая платина может возникнуть при изменении в результате вторичных процессов.

Коренные месторождения платиновых руд встречаются в платформенных и складчатых областях и всегда тяготеют к крупным разломам земной коры. Их образование происходило на глубинах от 0,5-1 км до 3-5 км в период от докембрия до мезозоя. Вторичная платина связана с россыпями (Геол. словарь, т. 2, 1960; Корбел, Новак, 2004; <http://dic.academic.ru> и др.).

Коренные месторождения платины связаны с ультраосновными и основными породами – дунитами, а также с перидотитами и пироксенитами.

Рудопоявления платины есть в ликвационных гидротермальных сульфидных медно-никелевых рудах.

В ЮАР месторождения платины связаны с громадными лополитами площадью 39000км<sup>2</sup> и мощностью более 10000м (Бушвельд), который относится к ультрабазит-габбро-норитовой формации среднего протерозоя. Лополит имеет слоистое строение. В верхних горизонтах средней части ("критической зоны") расположен "горизонт Меренского" – крупнейшее в мире коренное месторождение платины. В этом горизонте есть также участки с содержанием золота до нескольких граммов на тонну. Частицы платины, высвобождающиеся при выветривании, имеют небольшие (менее 0,1мм) размеры и не образуют промышленных скоплений.

Крупным коренным источником платины является также месторождение Садбери (Седбери) в Канаде, представляющее собой лополит ультраосновных пород. Поблизости от него, в отличие от Бушвельда, есть небольшая промышленная россыпь платины. Месторождение Седбери дает 40% мировой добычи платины (без России). Платиноносные лополиты есть также в США (Стил Уотер), Замбии и Зимбабве.

Крупными месторождениями платины являются также россыпи района Нижней Ташлы (Урал, Россия), Томпсон-Уобоуден (провинция Манитоба) в Канаде, россыпи бассейна р.Чоко в Колумбии, россыпи Аляски и сульфидные месторождения меди в США (Воскресенский, 1985; Корбел, Новак, 2004; <http://dic.academic.ru> и др.).

В Армении имеются проявления платины по северо-восточному побережью оз.Севан в районах хромитовых месторождений Шоржа, Даранак и др., относящиеся к гистеромагматическому типу месторождений, а также проявления в районах Шамлуг, Алаверди, Ахтала, Капан, Каджаран, относящиеся к гидротермальному типу (Абовян,1967).

### ***2.3. Первые находки и добыча платины***

С незапамятных времен платину добывали и использовали в Южной Америке (инки, чибча). Здесь же, в середине XVIв. с ней познакомилась испанцы, которые из-за ее сходства с серебром называли ее platina. Европа впервые познакомилась с платиной в 1748г., когда ее привез из Южной Америки испанский математик и мореплаватель А. де Ульоа в качестве некоего забавного феномена, белого металла, крупинки которого не плавилась и не раскалывались при ударах на наковальне.

В России платина впервые была найдена на Урале, в Верх-Исетском округе, в 1819г. При промывке золотоносных пород в золоте были обнаружены белые блестящие зерна, не растворяющиеся даже в самых сильных кислотах. В 1824г. на склоне горы Благодать, а затем в Нижнетагильском округе были открыты чисто платиновые россыпи и был заложен первый в России и Европе платиновый прииск. В последующие годы платину на Урале нашли еще в разных местах, в частности, была открыта Исовская система золото-платиновых россыпей, которая получила мировую известность.

В 1828г. у Главного Уральского хребта было обнаружено первое в мире коренное месторождение платины, которое вместе с уже известными россыпями вывело Россию на первое место в мире по добыче этого ценнейшего металла. Уже к концу 1828г. Россия добыла неслыханное по тому времени количество платины – 1550кг, примерно в 1,5 раза больше, чем было добыто в Южной Америке за период с 1741 по 1825гг. В 1892г. в Нижнетагильском массиве было обнаружено первое коренное месторождение платины – Серебряковская жила в Крутом логу, где и был найден самый крупный самородок (427,5г).

К концу XIXв. добыча платины в России в 40 раз превышала суммарную добычу во всех остальных странах и составила 4,5 тонны в год. На рубеже XXв. Нижнетагильские и Исовские прииски давали до 80% мировой добычи платины, а вклад Урала в целом составлял 92-95% мирового производства платины (<http://www.chaibukha.ru/rus/info-1.shtml>). В 1915г. на долю России приходилось 95% от общего количества платины, добываемой в мире (остальные 5% получала Колумбия).

Основными поставщиками платины на мировой рынок в разные годы были:

- XVI-XVIIвв. – Южная и Центральная Америка;
- с XVIIIв. – Колумбия (ее россыпи);
- с середины XVIIIв. – Россия, россыпи Урала;
- с середины XXв. – ЮАР, на втором месте – Россия (медно-никелевые руды Норильска, содержащие, как и месторождения ЮАР, все 6 металлов платиновой группы, а также золото и серебро) (<http://www.rpc-platina.ru>; <http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Платина>; <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/1008/120/755/htm> и др.).

Много платины добывают в настоящее время также Канада, США, Колумбия. Во всем мире сейчас добывается чуть более 150т платины в год.

Мировое производство и цены на платину и металлы платиновой группы, согласно данным журнала “Эксперт”, в 2005г. выглядели следующим образом (табл. 5).

Таблица 5

Мировое производство платины и ее цена

Металл	Первичное производство, т	Средняя цена, \$/кг	Объем, млн. \$
Палладий	214	6839	1463
Платина	206	30290	6240
Рутений	24	2401	871
Родий	23	66137	1323
Иридий	4	5477	5
Осмий	0,001	122903	1

В Армении есть проявления платины двух генетических типов: *гистеромагматические*, связанные с ультраосновными породами, и *гидротермальные*, связанные с сульфидными рудами медных, медно-молибденовых и свинцово-

цинковых месторождений (Шамлуг, Алаверди, Ахтала, Капан, Каджаран, связанных с умеренно кислыми гранитоидами).

Ультраосновные породы совместно с основными слагают офиолитовую формацию Армении, которая в виде двух дугообразных поясов протягивается с северо-запада на юго-восток (Севано-Амасийский и Вединский). Проявления платины есть в районе Шоржи, Джила, Сотка (Абовян, 1967).

## 2.4. Самородки платины

Крупные агрегаты платины (самородки) встречаются как в россыпях, так и в коренных месторождениях.

Много самородков платины было найдено в XIX в. на Урале (табл. 6).

Таблица 6

Крупнейшие из зарегистрированных самородков платины, добытых на Урале (Высоцкий, 1913)

Массив	Прииск	Год	Количество и вес самородков
Нижнетагильск	Мартьяновский	1827-1829	Всего добыто 3384 самородка. Из них: 3340 шт. от 4 до 100 г.; 24 шт. – от 100 г. до 200 г.; 14 шт. – от 200 г. до 400 г.; 3 шт. – 665,5 г.; 703,5 г. и 763,6 г.
		После 1829	1539,9 г.; 1467,4 г.; 2371,2 г.; 324,1 г.; 5562,6 г.; 8352,2 г.;
	Сырков лог	1843	9635 г.; 5408,9 г.; 2866,6 г.
		1859	6552,2 г.; 5110,4 г.; 4504,6 г.
	Авроринский	За весь период добычи	Около десятка самородков от 2500 до 6500 г.
Вересовый Бор		1904	8359 г.; 7860 г.; 3895 г.

Эти самородки были найдены в россыпях, а самым крупным самородком из коренного месторождения Урала был агрегат весом около 427,5 г. (<http://www.chaibukha.ru/rus/info-1.shtml>; Воскресенский, 1985).

В Алмазном фонде России демонстрируются самородки платины весом 5918,4 г и 7860,5 г.

Самым крупным в мире самородком платины считается самородок весом 8395 г (по Высоцкому – 8359 г, см. табл. 6), найденный в 1904 г. в россыпи Исковского района на Урале и ныне хранившийся в Алмазном фонде России. Самородок весом 9635 г, найденный в 1843 г. на прииске Сырков Лог (Урал) и считавшийся самым крупным в мире, не сохранился, поэтому пальма первенства перешла к самородку весом 8395 г.

## 2.5. Россыпи платины

Россыпные месторождения платины представлены в основном мезозойскими и кайнозойскими элювиально-аллювиальными россыпями платины и осмистого иридия. Промышленные россыпи обнажаются на дневной поверхности или погребены под 10-30-метровой осадочной толщей. Наиболее крупные из них прослеживаются в длину на десятки километров при ширине в сотни метров, а мощность платиносодержащих пластов достигает нескольких метров. Промышленные россыпи известны как на платформах (Сибирской Африканской), так и в эвгеосинклиналях на Урале, в Колумбии (область Чоко), на Аляске (залив Гудныйос) и др. В россыпях минералы платиновой группы нередко образуют сростки друг с другом, а также с хромитами, оливинами и серпентинами (<http://dic.academic.ru>).

**Элювиальные россыпи платины**, как и золота, невелики по запасам. Там, где отмечались высокие содержания, россыпь быстро отрабатывалась. Существенного значения они никогда не имели. Накопление платины в элювии связано с ее высоким удельным весом, химической устойчивостью и механической прочностью.

Наибольшей известностью пользуются **аллювиальные россыпи платины**, имеющие ряд особенностей (Воскресенский, 1985):

- в россыпях платины относительно много частиц крупнее 10мм, поэтому эти россыпи довольно компактны и прилегают тесно к коренным источникам; в россыпях платины, как и для золота, нередки находки самородков;
- строение платиновых россыпей почти не отличается от золотоносных; промышленный пласт приурочен к базальному, частично - к русловому горизонтам аллювия, а также к верхней (30-60см) части плотика; промышленные струи аллювия вытянуты вдоль долины;
- мощность пласта платиновых россыпей, как и золотоносных, составляет 1-2м, ширина контуров – десятки, редко первые сотни метров.

Самыми богатыми в мире аллювиальными россыпями платины являются уральские. Богатейшая русловая россыпь рр.Исы и Туры простиралась здесь на 150км. В этой “поддержниковой” (только растительный покров – дерн – прикрывал скопление платины) россыпи еще в начале XIXв. было найдено 3384 самородка.

Первые находки платины в золотоносных россыпях Урала относятся к 1819г. Собственно платиновая россыпь здесь была открыта в 1824г. по р.Орулихе, левому притоку р.Баранчи к северу от Нижнего Тагила, а также по притокам рр.Ис и Тура. В 1825г. уникальные по богатству платиновые россыпи были выявлены по Сухому Висисму и другим рекам в 50км к западу от Нижнего Тагила. Большую известность получили Качканарско-Исовской, Кытлымский и Павдинский платинодобывающие районы Урала. Ежегодно здесь из россыпей добывали 2-3 тонны платины. За период с 1824 по 1922гг. на Урале было добыто около 250 тонн платины.

Во второй половине XXв. крупнейшие в России платиновые россыпи были обнаружены в Хабаровском крае, Корякии и Приморье.

Платиновые россыпи известны на западе Центральной Аляски в отложениях р.Салмон-Ривер, впадающей в залив Кускоквим. Здесь разработка платины ведется уже много лет, причем платина добывается не только на берегу, но и со дна моря (Меро, 1969).



*а*



*б*

*Рис. 48. Кристалл платины - 8мм, Кондёр, Россия ( Корбел, Новак, 2004) (а) и самородок платины (фото И.Леенсона) (б)*

### **§3. Серебро**

**Серебро (Ag)** – самородный металл с атомным номером 47 и атомным весом 107,8682(2). Название его восходит к санскритскому “аргента” – светлый. Светлый (белый) облик этого самородного металла определяет его название и на других языках: латинское “аргентум” от аргента, древнегреческое “аргитос”, шумерское “ку-баббар”, древнеегипетское “хад”. Русское “серебро”, немецкое “зильбер”, английское “сильвер” восходят к древнеиндийскому слову “сарпа”, которым обозначали Луну и серп (древнейшее орудие земледельца), т.к. блеск серебра напоминает свет Луны (<http://www.prosrebro.com/istoriya-serebra>).

### 3.1. Свойства серебра

Цвет серебра в свежем изломе серебристо-белый, поверхность часто покрыта черной пленкой (почернение серебряных предметов), что является результатом образования на поверхности серебра малорастворимого черного сульфида  $Ag_2S$  под воздействием содержащегося в воздухе сероводорода. Серебро химически более активно, чем золото, поэтому реже встречается в природе в самородном виде. На него не действуют соляная и разбавленная серная кислоты. Оно растворяется в азотной кислоте с образованием  $AgNO_3$  ( $Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$ ), в горячей концентрированной серной кислоте с образованием сульфата  $Ag_2SO_4$ , а также в ртути, образуя **амальгаму** (жидкий сплав ртути и серебра). В "царской водке" серебро не растворяется из-за образования защитной пленки  $AgCl$ .

Блеск серебра металлический. В полированных шлифах выделяется очень высокой отражательной способностью.

Удельный вес  $10,5г/см^3$ ; твердость 2,5-3.

Чистое серебро представляет собой сравнительно мягкий и пластичный металл, из 1г серебра можно вытянуть проволочку длиной почти 2км. Отличается высокой электропроводностью и теплопроводностью. Плавится при температуре  $962^{\circ}C$ . Легко сплавляется со многими металлами. Небольшие добавки меди делают его более твердым, годным для изготовления различных изделий.

При содержании серебра в количестве 0,05мг в одном литре воды его ионы обеспечивают антимикробную активность, такую воду можно пить без вреда для здоровья, а при содержании 0,1мг в 1л вода не портится в течение целого года.

Образует кубы, редко – октаэдры, обычны тонкие неправильные пластины и листочки, проволокообразные или дендритоподобные сростки, зерна неправильной формы и самородки (Геол. словарь, т.2., 1960; Корбел, Новак, 2004; Батти, Принг, 2001; <http://www.moikompas.ru/compas/serebro> и др.) (рис. 49).

### 3.2. Распространенность в природе, коренные месторождения

Самородное серебро в природе встречается очень редко (реже, чем золото), однако степень чистоты его довольно высокая. Среднее содержание серебра в земной коре составляет  $7 \cdot 10^{-6}\%$  по массе, а в морской воде -  $3 \cdot 10^{-8}\%$ .

Обычны примеси золота, ртути. Известно более 50 природных минералов серебра, из которых промышленное значение имеют 15-20, в том числе: *электрум* (золото + серебро), *кюстелит*, *аргентит*, *прустит* и др.

Серебро встречается в средне- и низкотемпературных гидротермальных месторождениях, в зоне окисления вторичного обогащения сульфидных месторождений, иногда – в осадочных породах (среди песчаников, содержащих углистое вещество). Основная масса серебра добывается в качестве побочного продукта при переработке свинцово-цинковых (50%) и медных (15%) руд, еще 10% - из золотосодержащих руд и лишь 25% приходится на серебряные жильные месторождения.

Месторождения серебра с высоким его содержанием (нижний предел содержания серебра в промышленных рудах колеблется от 15-50 до 350г/т) имеются в Конгсберге (Норвегия), Коболте (Канада), Шнеберге и Аншаберге (ФРГ). Низкотемпературные серебросодержащие жилы распространены в молодых вулканических породах Кордильер (Северная Америка), Карпат (Европа), в Японии, Новой Зеландии. Свинцово-цинковые руды с высоким содержанием серебра разрабатываются в России (Урал, Алтай, Северный Кавказ), Казахстане и других районах (<http://www.moikompas.ru/compas/serebro>).

### **3.3. Первые находки серебра и его добыча, крупные самородки**

Серебро было известно в Египте, Персии, Китае еще с четвертого тысячелетия до нашей эры. В Древнем Египте за 2500 лет до н.э. носили украшения и чеканили монеты из серебра, считая его дороже золота. В Ассирии и Вавилоне серебро считалось священным металлом – символом Луны.

Предполагается, что одно из самых первых месторождений серебра было расположено в Сирии, откуда оно вывозилось в Египет 5000-3400 лет до н.э.

В VI-Vвв. до н.э. основная доля добычи серебра приходилась на Грецию, а в период с V по I вв. до н.э. – на Испанию и Карфаген. Во II – XIIIвв. работало множество серебряных рудников, а в XV – XVIвв. главным районом добычи серебра стали Рудные горы в Европе.

Открытие Америки привело к выявлению богатейших месторождений серебра в поясе от Огненной Земли до Аляски с богатейшими запасами в Мексике (здесь за период 1521-1945гг. было добыто около 205 тысяч тонн серебра, что составляет 1/3 всей мировой его добычи за это же время).

Крупным месторождением серебра, которое начали разрабатывать в 1545г. в Боливии, была гора Потоси, что означает “Голос”. Такое название гора, согласно индейской легенде, получила, когда одиннадцатый властитель империи инков, Гуайн Капак, послал своих подданных овладеть богатством Серебряной горы, но их остановил оглушительный голос, исходящий из недр земли: “*Бог охраняет сокровища для того, кто придет позже...*” С тех пор, на протяжении многих веков никто из инков не подходил близко к горе.

Когда испанцы вторглись во владения инков в Южной Америке, они узнали о легендарной горе серебра и устремились к ней. Но они здесь ничего не нашли за исключением серого камня (а искали они блестящий металл) и не могли догадаться, что этот камень и есть руда серебра. Они уже собрались в обратный путь, когда индеец-пастух Гуалчи показал им крупинки серебра, выплавленного из руды жаром горящего куста, у которого он грелся морозной ночью. С этого момента Хуан де Вильярзол, хозяин Гуалчи, стал владельцем самого богатого серебряного рудника всех времен и стран. “... Тогда он еще не подозревал, что из его рук выползает, повисая под всей страной, черная туча ужасов, которая будет веками душить ее. Он знал только одно: в этой неприветливой горе скрыто серебро” (Ганзелка, Зикмунд, 1958, с.75).

Хуан де Вильярзол через несколько месяцев привел к горе Потоси 170 испанских авантюристов с 3000-ми индейцев. Они основали новый город и

приступили к добыче серебра. Что было дальше, красочно описано чехословацкими журналистами Иржи Ганзелкой и Мирославом Зикмундом в их блистательном по художественному уровню и богатому фактическими данными повествовании “По Кордильерам” (1958, 337с.), отрывки из которого автор считает необходимым воспроизвести здесь, чтобы лучше понять, что представляло собой месторождение серебра горы Потоси (Боливия), во что оно обошлось местному населению и сколько богатства дало Испании за последующие после его открытия века.

*“Через 18 месяцев в Потоси было уже 2500 домов, в которых жило 14000 человек. Через четверть века город серебра уже населяло 120000 жителей... Город неграмотных миллионеров... рос жадно, бурно, стихийно в сердце гор на высоте свыше 4000 метров над уровнем моря, рос на спинах лам и горняков...”*

*“... Потоси, балуемый Старым и Новым Светом, утопал в великолепии и роскоши. Не хватало там только одного – рабочих рук. Владельцы рудников устраивали охоту на индейцев по всему матеруку, лишая населения целые области до далеких берегов Венесуэлы. Но массы рабов таяли в руках испанцев, как весенний снег. Они тысячами умирали в Уанкевелике, отравляясь ртутными испарениями. На работы в глубине горы Потоси индейцы отправлялись на пять лет. На долгих, бесконечных пять лет, когда они почти не видели солнца...”*

*“... Жилища рабов, их больницы и кладбища находились под землей. Из тысячи загнанных в окопах в серебряное подземелье 800 умирало уже в течение первого года. Те же немногие, которым доводилось пережить ужасы пятилетнего рабства, умирали вскоре после освобождения...”*

*“... С 1521 по 1530 год, когда была захвачена Мексика, испанцы вывезли в Европу 148кг серебра и 4899кг золота. В следующее десятилетие, покорив империю инков, они захватили 86193кг серебра и 14466кг золота. В последующее десятилетие их трофеи достигли 177573кг серебра и 24957кг золота ...; с 1551 по 1560 год испанцы перевезли в Кадикс 303121кг серебра и 42620кг золота...”*  
*“...За последние четыре десятилетия XVIв. испанцы ... перевезли 942858, 1118591, 2103027 и 3707626кг серебра. За вторую половину XVIв. они переправили из Потоси в Испанию всего 7175223кг серебра. Для его перевозки в настоящее время потребовалось бы 24 состава из 30 вагонов грузоподъемностью в 10 тонн каждый. Но это было далеко не все, что испанцам удалось выжать из горы Потоси. Много серебра осталось в Новом Свете, еще больше попало в руки ... пиратов и бужаньеров; ... их добыча даже превышала сокровища, счастливо добравшиеся до самого Кадикса... Но лавина потосийского серебра, обрушившаяся на Европу, несла в себе и семена гибели... Она принесла в Европу ужасы целого ряда войн, меняла лицо мира. В Потоси за нее заплатило жизнью восемь миллионов рабов-индейцев...” (Ганзелка, Зикмунд, 1958, сс. 76-77; 79-80) (рис. 50).*

Первое собственное серебро в России было добыто на Нерчинских рудниках (Забайкалье) в 1704г. Но добыча была небольшой.

### **Современная добыча серебра в мире**

В настоящее время добыча серебра в больших количествах проводится в Мексике, Перу, Китае, Австралии, Чили, Польше, Канаде, США и ряде других стран (рис.51 и табл. 7).

Крупными месторождениями по добыче серебра в мире являются:

•	Greens Greek	Kennecott Minerals / Hecla Mining (США)	9,66
•	Arcata	Minas de Arcata SA (Перу)	6,61
•	Imler	Societe Metallurgique d'Imler/Omnium Nord African (Марокко)	5,82
•	Rochester	Coeur d'Alene Mines (США)	5,72
•	Tayahua	Grupo Carso (Мексика)	4,30
•	1 Huaron	Pan American Silver (Перу)	3,69

Таблица 7.

Мировая добыча серебра, тонны  
 (<http://www.metaltorg.ru/analytics/publication/index/php?id=3044>;  
<http://www.proserebro.com/mestorozhdeniya>)

Страна/годы	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Мексика	2569	2850	2892	3001	3211	3340
Перу	2774	2800	3193	3470	3400	3431
Китай	2500	2600	2500	2550	2700	2700
Австралия	1872	2230	2395	2150	2055	2178
Канада	1309	1300	1124	1310	1300	1300
Чили	1250	1300	1400	1400	1412	1412
США	1240	1200	1230	1140	1182	1218
Польша	1200	1200	1300	1306	1306	1306
Прочие	4100	4000	3590	3490	3490	3490
Мир в целом	18814	19480	19624	19817	20056	20375

В России добыча серебра составляла:

- 2004г. – 1316т;
- 2006г. – 1468,8т (пятое место в мире после Перу, Мексики, Китая и Австралии);
- 2008г. – 1278т (из них только в Магаданской области на Колыме было добыто 613,1т серебра).

Разведанные запасы серебра в России – самые крупные в мире – 10,6% мировых. Расположены они главным образом в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, а также на Южном Урале. Из них на долю собственно серебряных месторождений приходится 18,6% с высоким содержанием серебра. На месторождении Майское (Магадан) среднее его содержание составляет 800г/т (а в одном из самых богатых в мире месторождений – Проаньо в Мексике – 789г/т). На долю комплексных руд приходятся основные запасы серебра в России: медноколчеданных – 21,5%, свинцово-цинковых – 15,2%, полиметаллических – 9,3% (<http://www.sibvtordrag.ru/news.php?sort>).

Из стран СНГ, кроме России и Казахстана (о них говорилось выше) серебро добывается также в Узбекистане, Таджикистане, Армении.

- В Армении серебро связано со следующими месторождениями (Пароникян, Савченко, 1967):

- *Колчеданной формации:* Ахталское барито-полиметаллическое, Шамлугское медное, Алавердское медное, колчеданное полиметаллическое месторождение Шамшадинского рудного поля, Капанское медное, Шаумянская группа полиметаллических месторождений;
- *Полиметаллической формации:* Азатекское, Газминское, Мазринское (Барцраванское), Аравусская группа месторождений в верховьях р.Сисиан, Аткизское;
- *Свинцово-цинковой формации:* Марцигетская группа месторождений (Марц, Икатак, Марцигет, Куртик и др.), Мовсесское в Шамшадинском районе, Привольненская группа месторождений в верховьях левых притоков р.Дзорагет;
- *Золото-сульфидной и золото-теллуровой формаций:* Сотское, Анкаванское, Меградзорское и Кабахлинское;
- *Медно-молибденовой формации:* Каджаранское, Агаракское, Дастакертское, Анкаванское.

### **Крупные самородки**

Крупные самородки серебра встречаются редко. Наибольшее их количество было найдено в Западной Европе (рудники Гарца и Рудных гор) в XIV- XVвв. Так, в 1477г. на руднике «Святого Георгия» (месторождение Шнееберг в Рудных горах в 40-45км от города Фрейберг) был найден самородок массой в 20 тонн и размерами 1х1х2,2м. Его извлекли из горной выработки устроили на нем праздничный обед, затем раскололи и взвесили. В 1666г. на норвежском руднике Конгсберг был найден самородок весом 254кг, который ныне находится в музее Копенгагена (Дания).

В здании парламента Канады в настоящее время хранится самородная пластина серебра с месторождения Кобальт (Канада) весом 612кг. Другая пластина, найденная на этом же месторождении, имела длину примерно 30м (содержание серебра в нем составляло 20 тонн) и из-за своих размеров получила название «серебряный асфальт».

В Чили (Ханарильо) в XVIв. нашли пластину серебра весом 1420кг. В XVIIв. самородки серебра в большом количестве находили на Аляске, Алтае и на острове Медвежьем в Белом море. В XXв. крупные самородки были встречены в Канаде. В настоящее время самородки в России чаще всего находят на Дальнем Востоке.

### **3.4. Встречаемость серебра в россыпях**

Самостоятельные россыпи серебра в природе фактически не формируются, т.к. оно легко растворяется: *“... иногда в россыпях встречаются самородочки серебра (Аляска, Алдан), но вследствие своей довольно легкой растворимости серебро не пользуется в россыпях большим распространением”* (Билибин, 1955, с. 454). Обычно зерна и небольшие агрегаты серебра встречаются попутно с золотом в золотоносных россыпях, но содержание серебра в этих россыпях небольшое. Есть упоминание о многочисленных аллювиальных россыпях золота и серебра (надо понимать, что серебро в этих россыпях

встречается попутно с золотом, но не преобладает) в Лаосе, в частности, в долине р.Кхан (рис. 52).

В Приморье (Россия) в шлихах и в отдельных россыпях встречаются зерна, самородочки и агрегаты серебра, но нет сведений о чисто серебряных россыпях, в которых серебро по содержанию доминировало бы. Однако в последние годы в этом районе участились находки серебряных самородков и зерен в россыпях и шлиховых ореолах, поэтому можно допустить возможность обнаружения комплексных серебряно - золотых россыпей небольшого объема, которые могут сформироваться на площадях развития серебро-полиметаллического оруденения (<http://www.fegi.ru/primorye/geology/gold5.html>).

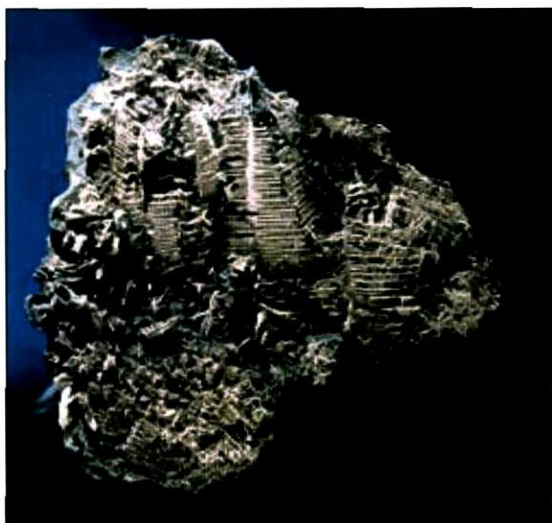


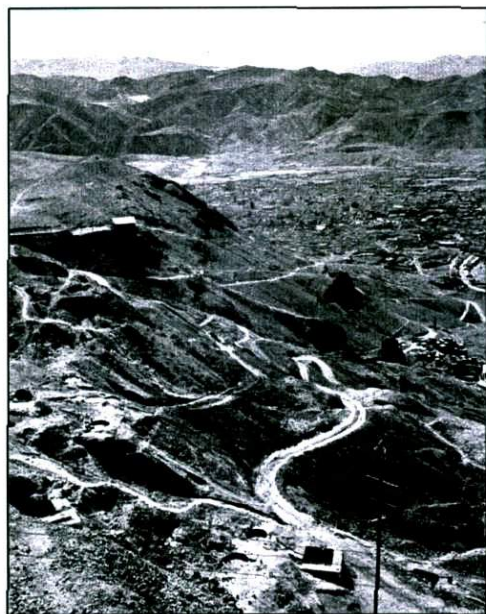
Рис. 49. Самородки серебра ([http:// www.moikompas.ru/compas/serebro](http://www.moikompas.ru/compas/serebro) )



а



б



6

Рис. 50. Гора Потоси (а, б) – вид с разных участков города и город Потоси (в) – вид с горы Потоси (Ганзелка, Зикмунд, 1958)

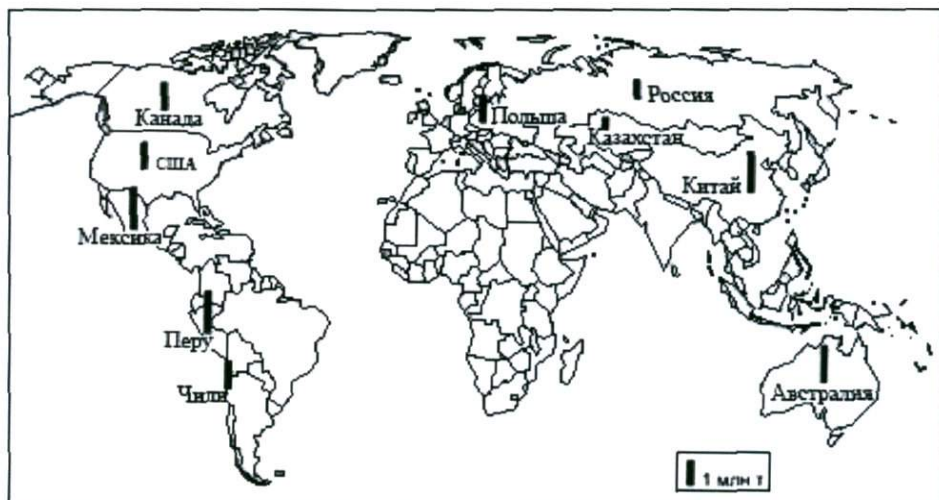


Рис. 51. Основные страны, добывающие серебро (данные GFMS Silver Survey, 2000г.)



Рис. 52. Долина р.Кхан (Лаос), где встречаются россыпи золота и серебра ([http://www.mirrabot.com/work/work\\_45302.html](http://www.mirrabot.com/work/work_45302.html))

# Глава четвертая

## ОЛОВЯННО-ВОЛЬФРАМОВЫЕ И РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ РОССЫПИ И ИХ МИНЕРАЛЫ

Оловянно – вольфрамовые россыпи представляют собой распространенный тип промышленных россыпей, основными минералами которых являются *касситерит* и *вольфрамит*, реже – *шеелит*. Основными же минералами редкометалльных (тантал, ниобий) россыпей являются *танталит*, *колумбит* и *пироксолоп*.

### §1. Касситерит

**Касситерит** (греч. “касситерос” - олово) представляет собой минерал состава  $\text{SnO}_2$  (оловянный камень). Содержит примеси Fe, Ta, Nb, Ni, Mn, In, Zn, W и др.

#### 1.1. Свойства касситерита

Касситерит обычно бесцветный, коричневый разных оттенков, бурый до черно-бурого, реже – желтый, янтарно-желтый, оранжевый, красный, зелено-желтый. Блеск сильный: алмазный у большинства светлоокрашенных кристаллов, тусклый металловидный на гранях кристаллов у черно-бурых разновидностей и жирный у частиц агрегатного сложения.

Удельный вес  $6,3 - 7,2 \text{ г/см}^3$ , твердость 6-7.

Отличается высокой химической стойкостью и абразивной прочностью, поэтому сохраняется в зоне гипергенеза и накапливается в россыпях (коэффициент гипергенной устойчивости его равен 1,66, что меньше лишь соответствующего коэффициента золота, минералов платиновой группы, алмаза и танталита – Шило, 1985).

Редко приобретает окатанные формы.

Встречается в виде бипирамидальных и короткопризматических кристаллов, сростков, зерен и сплошных масс (рис. 53).

В россыпях касситерит встречается в форме неправильных угловатых зерен, представляющих собой обломки одиночных или сдвойникованных кристаллов. Изредка встречаются частицы деревянистого олова в форме желваков, конкреций, овоидов, натечных скорлуповатых, почковидных и гроздевидных образований (рис. 54).

Касситерит по происхождению связан с пегматитами и гранитами. Довольно часто встречается в россыпях. Основная руда олова.

Крупные кристаллы касситерита (до 150мм) встречаются в Горни-Славкова (Чехия), Панашкейре (Португалия), до 130мм – в пегматитах Минас-Жерайса (Бразилия) (Корбел, Новак, 2004).

В ассоциации с касситеритом встречаются турмалин, топаз, мусковит, лепидолит, флюорит, вольфрамит, арсенопирит, молибденит, самородный висмут,

в меньших количествах пирит, халькопирит, сфалерит и галенит (Багги, Принг, 2001).

Иногда сходен с цирконом (у касситерита блеск сильнее), сфеном, рутилом (нигрином) – у касситерита блеск слабее. От циркона и сфена легко отличается реакцией на оловянное зеркало ( в HCl на цинковой пластинке восстанавливается, покрывается с поверхности тонкой тусклой пленкой металлического олова, становящейся блестящей после протирания зерен фильтровальной бумагой).

## *1.2. Россыпи касситерита*

Касситеритовые россыпи известны еще с 5-6-го тысячелетий до нашей эры. Уже в это время они были освоены человеком в качестве промышленного типа месторождений олова.

На сегодняшний день основная доля мировых запасов олова и его добычи приходится на россыпи, при этом лидируют россыпные месторождения Юго-Восточной Азии (в конце 90х годов XX в. они давали около 60% всех получаемых оловянных концентратов), даже несмотря на открытие и освоение редкометалльно-оловоносного района Питинга (Бразилия) (Россыпные месторождения ..., 1997).

Богатые россыпи касситерита (оловянные россыпи) есть в Таиланде, на полуострове Малакка, Больших и Малых Зондских островах, в Боливии, Бразилии, Китае, Нигерии, Конго, Мьянме, Западной Австралии, Тасмании, Японии, России и в ряде других стран.

Большой известностью пользуются богатейшие оловянные (касситеритовые) россыпи Индонезии, находящиеся на островах Банка, Биллитон, Синкеп, Большой Каримун, Кундур и частично у города Банкинанг на Центральной Суматре. Небольшие россыпи олова есть на островах архипелагов Риоу и Лингта (рис. 55).

Территория вышеназванных островов является частью Малайского оловоносного пояса, включающего в себя большую часть мировых запасов олова.

Образование малайских оловянных россыпей относится к началу плиоцена. В это время начали формироваться следующие генетические (морфогенетические) типы россыпей:

- древняя кора выветривания оловорудных месторождений;
- элювиальные, делювиальные и пролювиальные древние и современные россыпи;
- аллювиальные россыпи;
- морские россыпи высоких террас, современной береговой зоны и погруженных на морское дно древних речных долин и плоских водоразделов (Жилинский, 1965).

**Россыпи, связанные с древней корой выветривания**, относятся к переходному типу от рудных месторождений к россыпным. Известной россыпью такого типа является древняя кора выветривания на острове Банка, верхняя часть которой сильно выветрелая и имеет мощность до 60м. Среднее содержание касситерита в россыпи составляет 0,8-1,0кг/м<sup>3</sup>. Касситерит распределен неравномерно в коре выветривания и встречается в виде совершенно неокатанных зерен

сравнительно крупных размеров (1-2см). Этот тип россыпи в целом не имеет в Индонезии большого промышленного значения.

**Древние элювиальные россыпи олова** образуют месторождения типа **кулит** и **крикил**.

*Месторождения типа кулит* (кулит – малайское “кожа, кора, поверхность чего-либо”; китайское название – “тет – си – кой”) имеют небольшую мощность (10-40см) и представляют собой очень сильно обогащенные касситеритом пески, цементированные окислами железа и находящиеся сразу под почвенным слоем, в разложившемся элювии (рис. 56).

В результате цементации образуется плотная порода наподобие рудной брекчии. В кулите довольно часто встречаются крупные глыбы касситерита (моноклиты рудных жил; например, на о.Биллитон отдельные такие глыбы достигали веса в 1000кг).

В кулите касситерит осаждался под влиянием силы тяжести при интенсивном выносе легких минералов и отсутствии сноса вниз по склонам.

*Месторождения типа крикил* (малайское - гравий) представляют собой частично промытый (но не переотложенный) кулит, состоящий из цементированной гальки и валунов рудной брекчии, перекрытый рыхлой песчаной почвой.

Россыпи типа крикил содержат только один продуктивный слой, лежащий на коренных породах или продуктах их выветривания. Под слоем почвы всегда есть небольшой прослой гравия (рис. 57).

Россыпи типа кулит и крикил относятся к очень богатым россыпям неглубокого залегания. Их продуктивный слой состоит почти из чистого касситерита.

**Современные элювиальные, делювиальные и пролювиальные оловянные россыпи** в Индонезии встречаются очень редко.

**Аллювиальные россыпи** распространены наиболее широко и имеют основное промышленное значение (дают более 60% оловянных концентратов). Среди них выделяются:

- *Древние аллювиальные остаточные месторождения типа какса-каранг* (“какса” – китайское или “каранг” – малайское – очень концентрированный пласт касситерита и обломочного материала, залегающий на плотике “конге”, состоящем из элювиальных глин древней коры выветривания, и перекрытый мощными – до 2-25м - торфами) и **ментьянг** (китайский – это россыпи, в которых выше слоя каксы встречаются вторые и третьи продуктивные слои).

Россыпи каксы относятся к долинным, чаще – русловым, реже – террасовым. Мощность слоя каксы обычно колеблется в пределах от нескольких сантиметров до 60см, иногда достигает 2м (о. Синкеп) и даже 3м (о. Биллитон). Касситерит в этом слое очень мелкий, в среднем 0,2-1мм. От коренного источника касситерит слоя каксы удален на расстояние не более 1000-1500м.

Образование россыпей типа какса – каранг связано с длительным перемывом древней коры выветривания и элювиальных россыпей типа кулит и крикил в условиях аллювиальной равнины с незначительным уклоном долин и медленным течением рек.

Россыпи типа метьянг образовались в результате перемыва аллювиальных отложений в периоды морских трансгрессий и поэтому по числу этих

трансгрессий в антропогене (3) в россыпях данного типа образовалось до трех продуктивных горизонтов (в верховьях речных долин – один продуктивный слой).

- *Современные аллювиальные россыпи* на островах Индонезии не имеют широкого распространения. В основном они представлены русловыми и террасовыми разновидностями и содержат сравнительно крупные (2-5мм) зерна касситерита, иногда в сростках с кварцем или полевым шпатом. Среднее содержание касситерита в этих россыпях составляет 1-1,5кг/м<sup>3</sup>, чаще – 400-500г/м<sup>3</sup>. Мощность продуктивного слоя небольшая – 0,2-0,8м. Современные аллювиальные россыпи здесь нерентабельные.

**Морские россыпи** в Индонезии распространены широко и имеют важное промышленное значение. Среди них выделяются древние прибрежно-морские россыпи высоких террас, современные прибрежно-морские россыпи типа морских кос и пляжей и россыпи древних речных долин и плоских водоразделов, погруженных на дно моря. Первые из них распространены в восточной части о-ва Биллитон. Россыпи кос и пляжей известны лишь местами на берегах Синкепа, Банки и Биллитона, а погруженные на дно моря россыпи широко распространены у берегов островов Биллитон и Банка, прослеживаясь до глубин 30-35м и на расстоянии до 5-15км от берега.

#### **Разновидности оловянных россыпей по составу полезных компонентов**

Детальные исследования оловянных россыпей России и ряда стран СНГ позволила выделить среди них по составу полезных компонентов следующие разновидности (Россыпные месторождения ..., 1997):

- мономинеральные касситеритовые россыпи, в которых преобладает кристаллический касситерит (лишь в отдельных россыпях возрастает доля коломорфного касситерита – деревянистого олова);
- вольфрамит – касситеритовые (оловяно-вольфрамовые) россыпи с соотношением полезных компонентов Sn/WO<sub>3</sub> от 2-5 до 15-20;
- комплексные редкометалльно-оловоносные россыпи: колумбит-танталит-касситерит и колумбит-касситеритовые с примесью циркона, бастнезита, фергюссонита с соотношением Sn/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 4 до 20, в среднем около 10;
- комплексные оловянно-золотые россыпи, обрабатываемые чаще всего как собственно золотоносные месторождения.

В Армении самородное олово есть в шлихах рек бассейна оз.Севан : Дзкнагет, Гомадзор, Казахчиджур, Давендзор, Тохлуджа, Шишкар, Гейсу, Кясаман, Караиман, Джанахмед, Инаг, Масрик, Сотк. Особенно много самородного олова в аллювии рр.Караиман и Инаг. Содержание зерен олова в шлихах непостоянное, колеблется в пределах от 1-3 до 64 зерен на шлик. Форма зерен различная, преобладают шарообразные зерна. Размеры последних в диаметре колеблются в пределах десятых долей миллиметра.

Присутствие самородного олова отмечается в известняках и вулканогенных породах эоцена, змеевиках и амфиболитах постсреднеэоценового возраста. Самородное олово из коренных пород сходно с зернами самородного олова аллювия. Поисковый интерес на олово представляет Памбакский хребет, в породах щелочного комплекса которого отмечается наличие в шлихах самородного олова и касситерита (Акопян, 1967).



а

б

Рис. 53. Кристаллы касситерита: а - 110мм, Юньнань, Китай ( Корбел, Новак, 2004); б – фото из Интернета

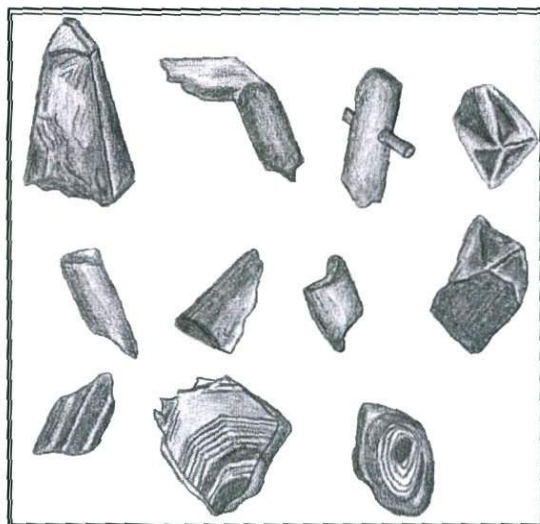


Рис. 54. Форма зерен касситерита из россыпей

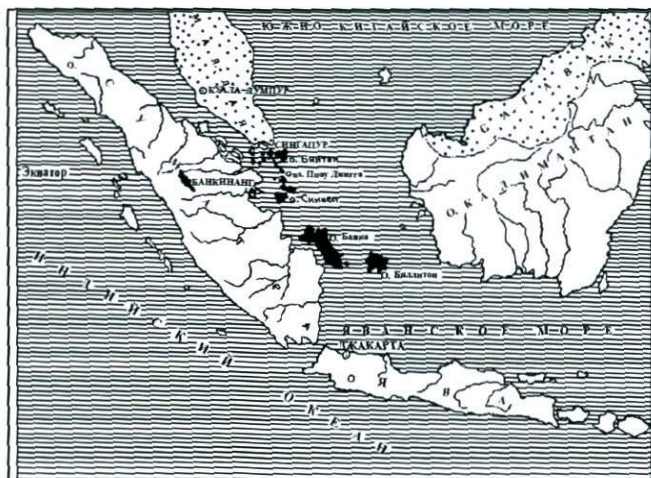


Рис. 55. Схема районов распространения оловянных россыпей в Индонезии (закрашены черным) (Жилинский, 1965)

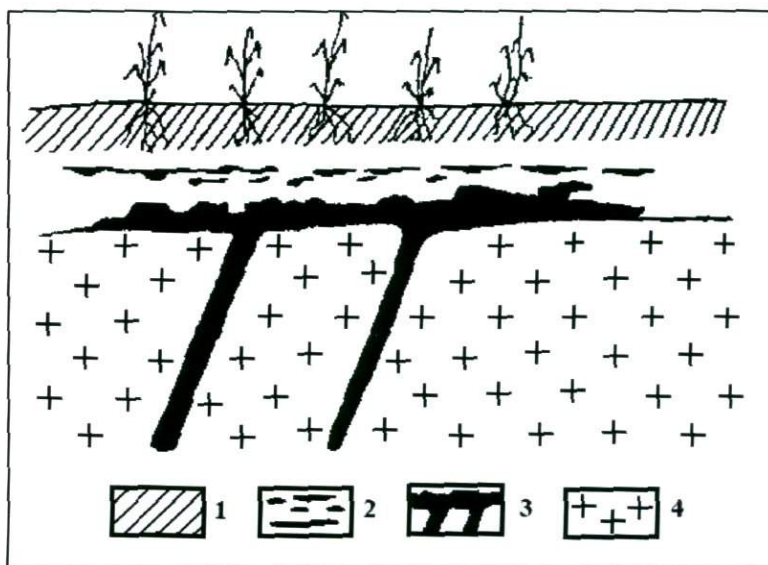


Рис. 56. Схема строения месторождений типа кулит: 1 – почва, 2 – кулит, 3 – рудные жилы, 4 – коренные породы

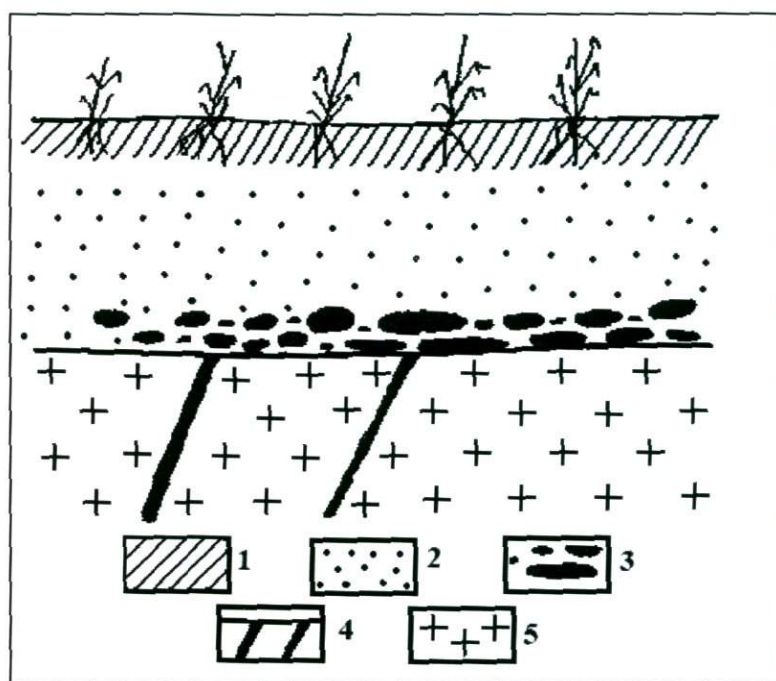


Рис. 57. Схема строения месторождений типа крикил: 1 – почва, 2 – гравий, 3 – крикил, 4 – рудные жилы, 5 – коренные породы

## §2. Вольфрамит

### 2.1. Свойства вольфрамита

**Вольфрамит** (немец. Wolfram – волчья пена; по примеси к рудам олова, загрязнявшей поверхность металла при плавке; по другой версии – wolf – волк, прожорливый, неблагоприятно влияет на выплавку стали – пожирает олово, как волк овцу) – минерал состава  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ .

Удельный вес 6,7-7,5 г/см<sup>3</sup>; твердость 5-5,5. Цвет от бурого до черного.

Отличается хрупкостью, легко раскалывается по спайности, поэтому от коренного источника удаляется на расстояние не более 2,5 км. Поэтому его накопления приходится лишь на элювиально-склоновые, ложковые и небольшой протяженности аллювиальные отложения (Словарь по геологии россыпей, 1985).

Встречается в виде пластинчатых и угловато-окатанных зерен и обломков кристаллов, а также в сростках с кварцем (рис.58).

Является важнейшим россыпеобразующим минералом вольфрамовых россыпей.

Коренными источниками вольфрамита являются кварцевые жилы, грейзены и гранитные пегматиты, которые дают начало собственно вольфрамитовым и вольфрамит-касситеритовым россыпям.

Вольфрамит как попутный минерал встречается в оловянных, редкометалльных и золотых россыпях.

Крупные месторождения есть в ФРГ, Китае, Корее, Забайкалье (Россия), США (бассейн р. Колорадо, штаты Южная Дакота и Невада), Боливии, Франции, Португалии, Испании (Юбельт, 1978).

### 2.2. Россыпи вольфрамита

Они представляют собой главный минеральный вид вольфрамовых россыпей, россыпеобразующими минералами которых являются вольфрамит и гюбнерит (а в комплексных оловянно-вольфрамовых россыпях – и с касситерит).

Обычно россыпи вольфрамита имеют средние и мелкие размеры, но в случае наличия крупного коренного источника может сформироваться довольно крупная россыпь значительной протяженности.

Собственно вольфрамитовые ( и гюбнеритовые –  $\text{MnWO}_4$  ) россыпи связаны с вольфрамит-кварцевыми и грейзеновыми месторождениями (они известны в России, Казахстане, Боливии), а комплексные касситерит-вольфрамитовые россыпи – с оруденением касситерит-вольфрамит-кварцевого типа (они известны в Якутии, Восточном Забайкалье, Чукотке).

Россыпи вольфрамита, как отмечалось выше, формируются на небольшом удалении от коренного источника (т.е. относятся к элювиально-склоновому типу) или в верхних частях долининной сети. Наибольшее значение среди россыпей вольфрамита имеют аллювиальные россыпи разных типов: современные долинные, погребенные. Ширина россыпей вольфрамита составляет десятки метров, мощность продуктивного пласта - от первых метров до десятков метров, длина – обычно 1,5 - 2,5 км (иногда до 10 км) (Словарь по геологии россыпей, 1985).

Россыпи вольфрамита имели существенное значение в годы зарождения вольфрамовой промышленности. В довоенные годы на их долю приходилось 28% мировой добычи вольфрамовых концентратов (а в СССР – 10%). В последние годы XXв. добыча вольфрама из россыпей снизилась до первых процентов в мире и 0,5% в СССР (Россыпные месторождения ..., 1997). В настоящее время значение этих россыпей небольшое.



*Рис. 58. Формы встречаемости вольфрамита (фото из Интернета)*

## §3. Шеелит

### 3.1. Свойства шеелита

**Шеелит** – минерал состава  $\text{CaWO}_4$ , назван в честь немецкого химика Шееле (1742-1786). В качестве примесей содержит иногда молибден – до 15% (*молибдошеелит, зейгерит*), медь – до 30% (*купрошеелит*), редко иттрий и церий (до 1%).

Удельный вес  $6,1\text{г/см}^3$ ; твердость 4,5-5. Обычно бесцветный, серо-белый, желто-коричневый, оранжевый, красный, зеленоватый. Встречается в виде дипирамидальных, псевдооктаэдрических кристаллов, зернистых и сплошных масс (рис. 59).

Коричневые кристаллы размером до 100мм встречаются в Южной Корее и Китае, оранжевые размером до 40мм в ассоциации с кристаллами касситерита на кристаллах кварца – на Чукотке, прозрачные кристаллы весом до 50кг известны в пегматитах Намибии, красные кристаллы размером до 15мм – в Чехии (редко), желтые до 40мм – в кварцевых жилах Чехии, кристаллы размером до 70мм – в Италии (Корбел, Новак, 2004).

Магматический в гранитных пегматитах, гидротермальный – в грейзенах и метаморфический минерал.

Месторождения шеелита есть на Кавказе, Забайкалье, США, ФРГ.

В Армении шеелит является наиболее распространенным минералом всех вольфрамовых проявлений: в молибдено-медно-вольфрамовых рудах Анкаванского месторождения с повышенным содержанием вольфрама, на участках с золото-шеелитовым оруденением района с.Маргаовит, в зоне Аджедбадж-Гехинских скарнов и среди них в первую очередь на Кефашенском месторождении. Шеелит в Армении встречается и связан генетически со скарнами, окварцованными контактовыми роговиками различных типов, сиенито-гранитами, порфиroidными гранодиоритами, аплитовыми и кварцевыми жилами, в ряде гидротермальных медно-молибденовых месторождений, а также в разных количествах в шлихах почти во всех районах, однако в большинстве случаев его количество в аллювии незначительное (Акопян, 1967).

Шеелит является основной рудой вольфрама. Шеелит – весьма распространенный минерал россыпей, в которых встречается в виде обломков, ограниченных поверхностями спайности; неправильных и изометричных различно окатанных зерен; тонкозернистых агрегатов; редко в виде кристаллов. Накапливается в тяжелой немагнитной фракции (Словарь по геологии россыпей, 1985). Устойчивость шеелита средняя, поэтому он накапливается в основном на расстоянии до первых километров от коренного источника в элювиально-склоновых, ложковых и аллювиальных отложениях.

В коре выветривания и в древних россыпях шеелит изменяется и выщелачивается, приобретая мучнистое ноздреватое строение. В зоне окисления рудных тел, богатых сульфидами, шеелит интенсивно разрушается под воздействием  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (при этом образуются водные вольфраматы: чиллагит, тунгстит, ферритунгстит, штольцит и др.). Шеелит кварцево-шеелитовых жил наиболее устойчив в зоне гипергенеза.

### 3.2. Россыпи шеелита

Шеелит – один из главных россыпеобразующих минералов вольфрамовых и комплексных оловянно-вольфрамовых и золото-вольфрамовых россыпей.

Собственно шеелитовые россыпи сравнительно редки и среди них неизвестны объекты промышленного значения. Обычно такие россыпи небольшого размера, а сам шеелит образует концентрации в основном в элювиально-склоновых образованиях поблизости от коренных месторождений, и эти концентрации (россыпи) представляют собой “валунчатые россыпи” со связанным шеелитом в обломках руд. Комплексные шеелитосодержащие ложковые россыпи представляют интерес только по сумме полезных компонентов, т.е. с золотом или оловом (Россыпные месторождения..., 1997).

Кроме элювиально-склоновых россыпей шеелита известны также ложковые и аллювиальные россыпи верхних участков речной сети. Распределение шеелита в россыпях неравномерное, а его среднее содержание составляет от нескольких сотен граммов до нескольких килограммов на  $1\text{м}^3$ .

Известны пляжевые россыпи шеелита (остров Ольхон на Байкале), а также ископаемые россыпи (палеоген-неогеновые в Прибайкалье, в осадках палеодолин и дельт юрского возраста на Полярном и Приполярном Урале) (Словарь по геологии россыпей, 1985).



*a*



*б*

Рис. 59. Формы встречаемости шеелита: *a* - кристалл шеелита, 77мм, Сычуань, Китай (Корбел, Новак, 2004); *б* - кристаллы, зернистые и сплошные массы шеелита (фото из Интернета)

## §4. Тантало - ниобаты

Ниобий и тантал известны как важные стратегические металлы, спрос на которые постоянно растет. Из минералов тантала и ниобия промышленные концентрации в россыпях образуют колумбит, танталит и пирохлор.

Тантало-ниобиевым минералам свойственны элювиально-делювиальные, аллювиальные, пролювиальные, флювиогляциальные и озерные генетические типы россыпей, хотя их повышенные концентрации встречаются и в прибрежно-морских отложениях.

### 4.1. Колумбит - танталит

Это – минералы изоморфного ряда, крайними членами которого являются колумбит  $(\text{Fe}, \text{Mn}) \cdot \text{Nb}_2\text{O}_6$  и танталит  $(\text{Fe}, \text{Mn}) \cdot \text{Ta}_2\text{O}_6$ . Содержание  $\text{Ta}_2\text{O}_6$  и  $\text{Nb}_2\text{O}_6$  в колумбите равно 1-20% и 59-76%, а в танталите - 63-86% и 0,2-20% соответственно. Имеются примеси олова (Sn), вольфрама (W), урана (U), титана (Ti).

Удельный вес колумбита  $5,2-6,4\text{г}/\text{см}^3$ , танталита –  $6,4-8,2\text{г}/\text{см}^3$ ; твердость – 6-6,5 (наибольшая в танталите).

Встречаются в виде пластинчатых, толстотаблитчатых, призматических, реже призматически-дипирамидальных и изометричных кристаллов с частыми двойниками и прорастаниями. В россыпях встречаются угловатые и различно окатанные зерна (рис.60).

Эти минералы связаны с лейкократовыми редкометалльными гранитами и пегматитами, щелочными и субщелочными гранитами и пегматитами, метасоматитами и карбонатитами. Они представляют собой важные россыпеобразующие минералы редкометалльных россыпей, а в оловянных россыпях – сопутствующие минералы.

Россыпи колумбита-танталита являются важным источником получения ниобия и тантала. Они обычно представляют собой комплексные россыпи и содержат также касситерит, вольфрамит, бастнезит, паризит и другие минералы.

Колумбит-танталит довольно устойчивые минералы и в россыпях могут встречаться на удалении до 5км от источника питания. Если же они подвергались химическому выветриванию, то легко разрушаются за счет окисления и выноса тантала и ниобия и быстро истираются.

Из этих минералов наиболее ценным является танталит. При его содержании до десятков граммов на  $1\text{м}^3$  породы россыпь приобретает промышленное значение. Однако промышленные россыпи колумбита-танталита довольно редки. Для них наиболее характерны элювиально-делювиальные и в меньшей степени аллювиальные россыпи промышленного значения.

Среди известных россыпей колумбита-танталита следует указать следующие (Гурвич и др., 1960):

- крупнейшие элювиально-делювиальные и аллювиальные месторождения плато Джос (Северная Нигерия); эти россыпи связаны с корой выветривания колумбитоносных гранитов и частично с пегматитами, кварцевыми жилами, штокверками и грейзенами; в них совместно находятся колумбит, касситерит, циркон, монацит, ксенотим и реже вольфрамит; среднее содержание колумбита в этих россыпях составляет  $650\text{г}/\text{м}^3$  (местами до  $3\text{кг}/\text{м}^3$ ),

- россыпи погребенной долинно-балочной сети палеогенового, реже неогенового и четвертичного возрастов (Украина, Казахстан) – колумбитоносные аллювиально-пролювиальные россыпи, связанные с метасоматически измененными гранитами; среди них лучше изучены россыпи Центрального Казахстана (обогащенные колумбитом слои составляют здесь три горизонта мощностью 0,5 – 12м и представлены песчано-глинистым грубозернистым материалом и суглинками), формирование этих россыпей объясняется размывом альбитизированных колумбитоносных гранитов);

- позднемеловые, палеогеновые и неогеновые прибрежно-морские россыпи в Приазовье.

Отмечается также присутствие колумбита в значительных количествах в россыпях пироклора и гатчеттолита в связи с карбонатитами (Геологические критерии..., 1981; Месторождения литофильных редких металлов, 1980).

В отличие от колумбита, танталит и танталит-колумбит обычно имеют повышенное содержание тантала и связаны в основном с пегматитами. Известны россыпи танталит-колумбита и сопутствующего касситерита на востоке России (делювиально-аллювиальные и флювиогляциальные обогащенные полезным компонентом продуктивные отложения, среди которых наибольшее промышленное значение имеют погребенные россыпи речной долины).

В долине Коунти и Эльмоур-Коунти (штат Айдахо) известны единичные аллювиальные и делювиальные россыпи колумбит-танталита в ассоциации с монацитом и минералами группы эвксенита-самарскита, связанные с альбитизированными гранитами.

#### 4.2. Пироклор

**Пироклор** (греч. “хлорос” – зеленый, т.к. минерал после прокаливания зеленеет) относится к сложным окислам –  $(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_6\text{F}$ . Содержание  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  в нем достигает 52-71%,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  – до 7%. Примеси представлены Y, TR, U, Th, Fe, Ti. Удельный вес меняется в пределах 4,2 – 6,4г/см<sup>3</sup> в зависимости от примесей; твердость 5 – 5,5. Цвет желто-коричневый, коричневый, черный. Встречается в виде октаэдрических кристаллов и их осколков, неправильных зерен (рис. 61).

Кристаллы пироклора размером до 20мм встречаются на Урале, до 10мм – в Танзании. Кристаллы есть в Канаде, Заире.

Минерал радиоактивный (в нем есть примеси урана и тория), часто метамиктовый. Магматический в щелочных породах вместе с цирконом, астрофиллитом и другими минералами. Ведущим типом месторождений является кора выветривания щелочных сиенитов и особенно карбонатитов. Самое известное коренное месторождение пироклора находится в Нигерии. Является рудой ниобия, урана и тория.

Пироклор относится к хрупким минералам, в зоне гипергенеза он малоустойчивый, довольно быстро разрушается до пылевидного состояния. Отсюда понятно, почему пироклор может концентрироваться лишь на небольшом удалении от коренного источника – в элювиально-делювиальных или ложковых россыпях и не образует крупных аллювиальных россыпей.

Пирохлор является обычным минералом шлихов в районах его коренных источников и россышеобразующим минералом редкометалльных россыпей, хотя и уступает большинству редкометалльных минералов по миграционной способности. Он образует россыли ближнего сноса (элювиальные, склоновые, ложковые, верхних звеньев речных долин).

Протяженность ложковых и аллювиальных россыпей пирохлора не превышает 3км, обычно же составляет 1км, а содержание Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в этих россыпях достигает 2% (Месторождения литофильных ..., 1980).

Таблица 8

Схема классификации россыпных месторождений тантало-ниобатов (Гурвич и др., 1960)

Коренные источники россыпей	Генетические типы россыпей	Характерные попутные компоненты	Промышленное значение россыпей
<b>I. Колумбитовые россыпи</b>			
Магматические (биотитовые и рибекитовые колумбитоносные граниты)	Аллювиальные, элювиально-делювиальные, аллювиально-пролювиальные; возможны прибрежно-морские	Касситерит, циркон	Важнейший источник получения ниобиевых концентратов
Метасоматические (альбитизированные щелочные граниты)	То же	Малакон, цир-толит, циркон	Месторождения средних масштабов; возможны крупные
Гидротермальные (кварц-подошо-пшатовые жилы, генетически связанные с комплексами щелочных сиенитов)	Аллювиальные	Ксенотим, мона-цит, ильмено-рутил	Мелкие россыпи
<b>II. Танталитовые (торолитовые) и тантало-колумбитовые россыпи</b>			
Пегматиты сильно замещенные (альбитовые, альбит-сподуменовые, альбит-сподумен-депидолитовые)	Аллювиальные и делю-виальные	Касситерит	Основной источник получения танталовых концентратов
Метасоматические (альбитизированные граниты)	То же	Монацит, фергусонит, оксидит, реже касситерит	Месторождения средних масштабов
<b>III. Пирохлоровые россыпи</b>			
Магматические (рибекитовые граниты)	Элювиально-делювиальные	Топаз	Возможны крупные месторождения
Метасоматические а) альбитизированные гранитоиды (сиениты, сиенит-порфиры)	То же»	Циркон, ильменит	Крупных неизвестно
б) карбонатиты	Делювиальные	Титано-магнетит, магнетит, циркон, апатит	Крупные месторождения
Пегматиты, генетически связанные с сиенитами и нефелиновыми сиенитами		Ильмено-рутил, циркон, ильменит	Мелкие россыпи

Россыпи пирохлора промышленного значения, связанные с рибекитовыми гранитами, известны в Нигерии (россыпи Каффо); связанные с карбонатами – в Африке (месторождения Сукулу, Бинга, Араша), Бразилии (Тапира), США (Айрон-Хилл). Последние (т.е. связанные с карбонатами) являются одним из наиболее перспективных типов ниобиевых месторождений.

Месторождение Сукулу относится к делювиальному типу россыпей. Здесь в россыпи наряду с пирохлором присутствуют также циркон, магнетит, апатит. Россыпь окаймляет карбонатитовый массив на протяжении 16км. Продуктивный горизонт имеет мощность в 6м при ширине 10-30м.

Промышленное значение имеют и делювиальные россыпи месторождения Букусу (Африка), связанные также с карбонатитовыми массивами.

Россыпи тантало-ниобатов распространены довольно широко. Среди промышленных их россыпей наибольшее значение имеют элювиально-делювиальные и частично аллювиальные (табл. 8).



б

Рис. 60. Формы встречаемости колумбита (а) и танталита (б) – фото из Интернета



*Рис. 61. Кристаллы пирохлора - 58мм, Урал, Россия ( Корбел, Новак, 2004)*

## Глава пятая

### ТИТАНО-ЦИРКОНИЕВЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ РОССЫПИ И ИХ МИНЕРАЛЫ

К минералам этой группы россыпей относятся циркон, ильменит, рутил, лейкоксен, а также редкоземельные минералы монацит, ксенотим, эвксенит, лопарит и др.

Титансодержащими минералами являются также анатаз, брукит, сфен (титанит). Хотя они и не образуют самостоятельных россыпей, их свойства рассматриваются ниже, т.к. они являются обычными минералами не только титановых, но и различных других россыпей.

#### §1. Циркон

**Циркон** (от арабского «цержвин» или персидского «царгун» - золотой) относится к силикатам состава  $ZrSiO_4$ .

Разновидности циркона представлены *жаргоном* (желтый, золотисто-желтый), *гиацинтом* (красный, оранжевый, красно-бурый, розовый), *матарским алмазом* (бесцветный, прозрачный), *старлитом* (синий, голубой). Ювелирные прозрачные разновидности очень редки (Куликов, Буканов, 1988).

Цвет циркона меняется в широких пределах: бесцветный, желтый, бурый, розовый, пурпурный, бледно-зеленый, молочно-белый, коричневый, красный, оранжевый. Окраска ослабевает от центра к краям кристалла или же следует внешним краям кристалла. Обычно окраска зависит от содержания урана в магме (в случае цирконов из гранита), иногда вызвана включениями других минералов или скоплениями гидроксидов у трещин в кристаллах.

*Малакон*, или *циртолит* (малякос-мягкий) - разновидность циркона, богатая радиоактивными веществами; разрушается под действием радиоактивного излучения примесей, непрозрачный или просвечивающий. Блеск сильный амлазовидный, для непрозрачных разновидностей иногда жирный.

В минерале часть циркона (Zr) всегда замещается гафнием (Hf): содержание  $ZrO_2$  составляет 60-67%,  $HfO_2$  - до 5%, редко 22-24%. Иногда имеются примеси скандия (Sc), иттрия (Y), тория (Th), урана (U) (Словарь по геологии россыпей, 1985).

Удельный вес 4,58-4,7 г/см<sup>3</sup>; твердость 7-8, иногда снижается до 6.

Встречается в виде длиннопризматических и короткопризматических кристаллов, округлых и шаровидных зерен (рис. 62). Циркон обычно более или менее радиоактивен.

По внешнему виду сходен:

- в осколках и окатанных зернах красно-бурый и желтый циркон - с касситеритом и рутилом (от первого отличается меньшим двупреломлением и отрицательной реакцией на олово; от рутила - более слабым блеском, гладкой поверхностью зерна, меньшему светопреломлению и двупреломлению);

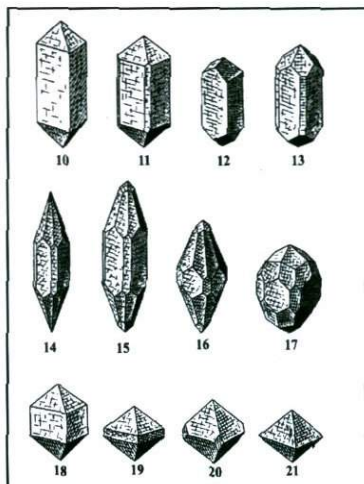
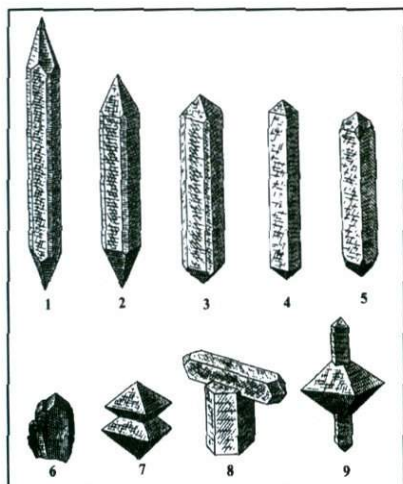
- в окатанных зернах – с монацитом (отличается большим сопротивлением раздавливанию, прямым угасанием);
- иногда – с клиноцоизитом (отличается по оптическим свойствам);
- малакон в окатанных и угловатых зернах часто сходен с лейкоксеном.

Циркон относится к минералам с высокой химической и механической устойчивостью, кислоты почти не действуют на него.

Основные коренные источники циркона – гранитоиды, нередко метаморфические породы. Большие скопления циркона иногда отмечаются в нефелиновых сиенитах и пегматитах. Крупные концентрации данного минерала есть в щелочных породах Кольского полуострова, в сиенитах и пегматитах на юге Норвегии, на Урале.

Циркон – важный россыпеобразующий минерал. Его россыпи известны в Австралии, Бразилии, Шри-Ланке, Индии, на Мадагаскаре, в Германии, Камбодже, Южном Вьетнаме, Таиланде. Они представлены в основном делювиально-пролювиальными, элювиально-делювиальными и прибрежно-морскими генетическими типами. Благодаря высокой химической и механической устойчивости циркон может переноситься на большие расстояния и выдерживать неоднократный перемыв и перенос, поэтому накапливается часто в прибрежно-морских россыпях – пляжи юго-западной Индии, Квинсленда и Нового Южного Уэльса (Австралия), Южной Бразилии и др., где он встречается вместе с ильменитом, рутилом и монацитом (Меро, 1969).

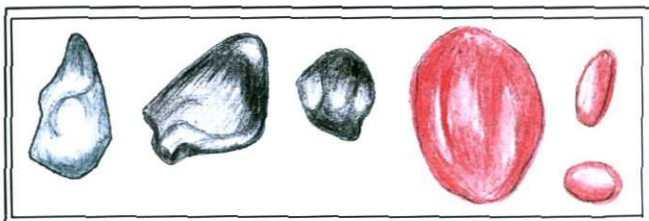
Чистые россыпи циркона (циркониевые россыпи) встречаются редко и связаны с корами химического выветривания нефелиновых сиенитов и карбонатитов. Обычно же циркон является попутным минералом комплексных титано-циркониевых россыпей, о которых будет сказано ниже.



a



б



б

г

Рис. 62. Кристаллы циркона: а – 1-5 длиннопризматические кристаллы, характерные для приконтактовых частей интрузий и жильных пород; 6-7-сростки кристаллов цирколита; 8 – сросток апатита и циркона; 9 – сросток ксенотима и циркона, 10-11 – характерные кристаллы для калиевых гранитов; 12-13-характерные для натриевых гранитов; 14-17 – характерные для основных разновидностей гранитоидов; 18-21- кристаллы цирколита поздней генерации (Ляхович, 1968); б – кристалл циркона (х20мм, Вишневые горы, Урал) (Корбел, Новак, 2004); в – фото из Интернета; г – окатанные зерна циркона из россыпей

## §2. Ильменит

**Ильменит** (титанистый железняк, кричтонит) – минерал состава  $\text{FeTiO}_3$ . Назван по Ильменским горам (Южный Урал), где был впервые найден. Примеси  $\text{Mg}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Sc}$ ,  $\text{V}$  и др. характерны для его разновидностей. Например, замещение  $\text{Fe}^{+2}$  магнием  $\text{Mg}^{+2}$  и марганцем  $\text{Mn}^{+2}$  приводит к образованию *гейжилита* ( $\text{MgTiO}_3$ ) и *пирофанита* ( $\text{MnTiO}_3$ ). Ильменит наряду с рутилом, лейкоксеном и, в последнее время, анатазом является основным источником получения титана.

Цвет железо-черный, буро-черный (пирофанит темно-красный) с металлическим или полуметаллическим блеском. Удельный вес  $4,5\text{-}5\text{г/см}^3$ , твердость 5-6.

Встречается в виде неправильных зерен, толстотаблитчатых кристаллов с плохо образованными гранями ромбоэдра, зернистых и сплошных масс. На поверхности кристаллов часто имеется штриховка. Поверхность кристаллов и зерен неровная, ямчатая. Углубления нередко заполнены кремово-желтым лейкоксеном, серыми кристаллами сфена. Часты сростки ильменита со сфеном, магнетитом, корундом (Ляхович, 1968) – рис. 63.

Ильменит является обычным минералом изверженных и метаморфических пород, а также россыпей. В породах среднего и основного составов содержание  $\text{TiO}_2$  достигает 2%, в гранитоидах – 200-500г/т, максимум до 6000г/т (Кашеев, Кушнарев, 1976; Ляхович, 1968).

Встречается в ассоциации с пирротинном, рутилом, магнетитом и другими минералами. Известны находки его кристаллов весом до 30кг (рудник Фарадей близ Банкрофта, Онтарио, Канада). Коренные источники ильменита имеются в Ильменских горах (Россия), Норвегии, Канаде, США. Из них на сегодняшний день эксплуатируются лишь 2 месторождения – в Канаде (содержание  $\text{TiO}_2$  составляет 26%) и Норвегии (18%).

В неправильных зернах и осколках по цвету и блеску ильменит сходен с:

- хромшпинелидами (отличие – ильменит непрозрачен в иммерсии и анизотропен);
- минералами группы колумбита – танталита (от колумбита отличается отсутствием спайности, менее отчетливой оптической анизотропностью и положительной реакцией на титан).

В  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  ильменит не растворяется. При кипячении разлагается в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Часто замещается лейкоксеном, который образует на поверхности его зерен буровато-желтые или белесоватые плотные примазки и скопления.

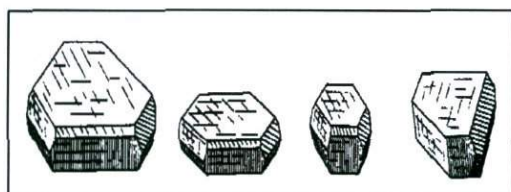
Чистые ильменитовые россыпи встречаются гораздо реже, чем комплексные титано-циркониевые россыпи. Первые обычно бывают связаны с площадными корами выветривания габброидов и представлены в основном древними мезозойскими и кайнозойскими элювиальными, элювиально-делювиальными и аллювиальными россыпями. Содержание ильменита в них достигает десятков и сотен килограммов на  $1\text{м}^3$ . Крупные запасы ильменитовых песков выявлены у северного побережья Гренландии, на восточном побережье Мадагаскара, вдоль берегов оз.Ньяса в Малави, на побережьях Мозамбика и

Новой Зеландии (месторождения о-ва Южный с суммарными запасами ильменита более 40 млн. т).

Из современных прибрежно-морских россыпей ильменит (а также рутил) добывают в Западной Австралии, Индии, Шри-Ланке, Сьерра-Леоне, частично в Бразилии и США, а с сопутствующими магнетитом и титаномагнетитом- также на многих островах Тихого океана.

Местами (о.Южный, Новая Зеландия) ильменитовые россыпи прибрежного происхождения являются основным источником добычи ильменита, запасы которого достигают десятков миллионов тонн (Словарь по геол. россыпей, 1985).

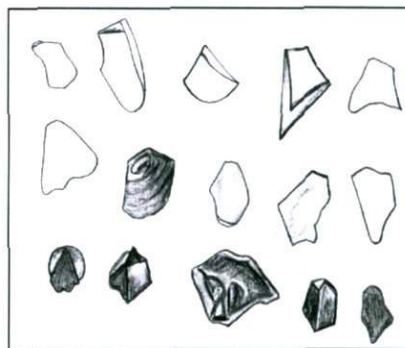
Небольшие бедные склоновые и аллювиальные ильменитовые россыпи с магнетитом и титаномагнетитом на небольшом удалении от коренных источников известны в России и Канаде. Местами ведется их промышленная разработка.



а



б



в

г



в

Рис. 63. Формы встречаемости ильменита: а - кристаллы ильменита из гранита (Ляхович, 1968); б - кристалл ильменита - x11мм, Швейцария (Корбел, Новак, 2004); в - фото ильменита из Интернета; г - зерна ильменита из россыпей

### §3. Рутил

Рутил (*rutilus* – красноватый, ярко-красный, желто-красный) – минерал состава  $TiO_2$ , содержание которого составляет 89-98% (чаще более 94%). Из примесей известны скандий (Sc) и тантал (Ta). Рутил наряду с другими титансодержащими минералами является одним из основных источников получения титана. Синоним – *шерл красный*.

Цвет рутила – красный разных оттенков, бурый, желтый, оранжево-желтый, буровато-желтый, черный, бледный грязно-зеленый, белесый. Интенсивность окраски зависит от содержания железа.

Черный рутил, богатый  $Fe_2O_3$ , называется *нигрином* (*niger* – черный), а рутил, богатый  $Fe(Ta, Nb)_2O_6$  (до 50%), – *стриверитом* (по фамилии Стрювер).

Удельный вес 4,2-4,3 г/см<sup>3</sup> (для нирина и ильменорутила – 4,9-5,0 г/см<sup>3</sup>); твердость 6-6,5; хрупкий, раздавливается с большим трудом.

Блеск сильный алмазный, для частиц агрегатного сложения – жирный. Нигрин характеризуется смолистым или иногда металлоидным блеском.

В иммерсии рутил имеет интерференционную окраску высших порядков, не реагирует на гипсовую пластинку.

Для рутила обычны короткопризматические, столбчатые бороздчатые кристаллы, зерна и сплошные массы. В гранитах рутил встречается в виде продолговатых округлых зерен и призматических кристаллов с сильно сглаженными ребрами. Реже встречаются коленчатые двойники или сноповидные сростки кристаллов. В россыпях рутил приобретает форму угловатых и угловато окатанных зерен, иногда – хорошо и совершенно окатанных зерен с шероховатой поверхностью; характерны коленчатые двойники, призматические игольчатые кристаллы, обломки кристаллов, зерна размером от сотых долей миллиметра до 0,2 мм (рис. 64).

Известны находки крупных кристаллов рутила размером до 150 мм на месторождении Грейбс-Маунтин (Джорджия, США).

Рутил сходен:

- светлоокрашенный в окатанных зернах – с **цирконом** (у циркона блеск более слабый);
- красно-бурый в кристаллах и их обломках – с **касситеритом** (отличается по блеску и оптическим свойствам);
- в желто-бурых и бурых зернах агрегатного сложения – с **анатазом** (отличается по величине двупреломления и оптическому знаку);
- в непрозрачных зернистых разновидностях – с **брукситом** (отличие – у рутила нет аномальной интерференционной окраски, он одноосный).

Рутил весьма устойчив по отношению к кислотам, обладает высокой абразивной устойчивостью, поэтому выдерживает многократное переотложение и транспортировку, может удаляться от коренного источника на десятки и сотни километров.

В природе рутил распространен довольно широко. В больших количествах он есть в метаморфических породах – гнейсах, сланцах, амфиболитах и других, бедных окисью кальция ( $CaO$ ); в габбро-анортозитовых массивах и в их жильных

эффузивных аналогах (месторождения Нельсон, Амхерст, штат Виргиния, США); в качестве аксессуарного минерала – в гранитоидах (Трохачев, Костюнина, 1960).

В Армении\* промышленные содержания рутила связаны с актинолит (амфиболит) – метаморфическими сланцами эполеозоя (докембрия) Арзакана, в которых рутил представлен игольчатыми кристаллами размером до 3мм и более вишнево-красного до оранжевого цветов.

Исследования Б.Д.Акопяна в 1967-1973гг. и 1975-1977гг. показали, что актинолит-рутиловые сланцы прослеживаются в север-северо-западном направлении по отрогам Цахкуняцкого хребта на расстояние более 2км (при ширине до 40м и средней мощности более 10м; содержание  $TiO_2$  составляет 1,42-2,78%, выдержанное среднее содержание 1,93%).

Рутил широко распространен в россыпях разного происхождения. Он образует богатые концентрации в коре химического выветривания пород, в которых является аксессуарным минералом, а также крупные и богатые комплексные россыпи совместно с ильменитом, цирконом, монацитом, топазом и др.

К югу от вышеназванного Арзаканского коренного месторождения известна Апаранская россыпь рутила, которая прослеживается в окрестностях с.Меликюх. Рутил содержится в чередующихся слоях пестроцветных глин, песчано-глинистых отложений и песков, представляющих собой материал физического выветривания и переотложения рутилоносных сланцев Арзакана. Протяженность россыпи составляет 6-7км при ширине 3,5км и мощности рутилсодержащих отложений от 31 до 90м. В пределах россыпи выделяется обогащенная рутилом зона протяженностью до 3,5км при средней глубине погребенного тела россыпи до 50м и среднем содержании рутила 461г. м<sup>3</sup>.

И.И.Мальшев (Трохачев, Костюнина, 1960) выделяет 3 генетических типа рутиловых россыпей: прибрежные россыпи древних морей и озер, прибрежные россыпи современных морей и озер; аллювиальные и элювиально-делювиальные россыпи. Основное промышленное значение повсюду в мире имеют древние и современные прибрежно-морские россыпи, которые являются главным источником получения рутила. Аллювиальные и элювиально-склоновые россыпи рутила обычно имеют небольшие размеры и невысокое содержание минерала.

Хорошо изучены современные прибрежно-морские комплексные россыпи (рутил, циркон, ильменит) в Австралии, Индии, Индонезии, Африке, Южной и Северной Америке. Наиболее крупные и богатые россыпи находятся на восточном побережье Австралии.

---

\* Сведения о коренном месторождении и россыпи рутила в Армении любезно предоставлены профессором Р.Г.Геворкяном, за что автор выражает ему искреннюю признательность

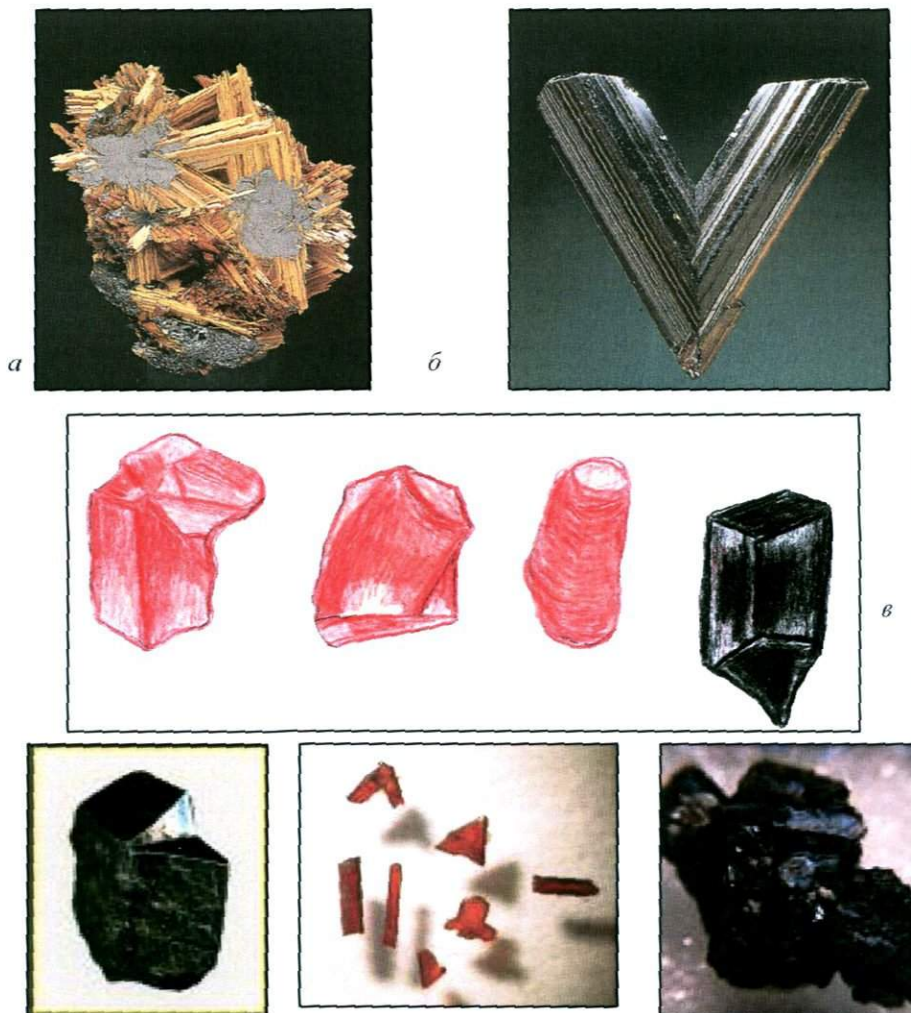


Рис. 64. Кристаллы и зерна рутила: а – 48мм, Байя, Бразилия; б – 21мм, Нову-Оризонти, Бразилия (Корбел, Новак, 2004); в – рутил из россыпей; г – фото из Интернета

## §4. Лейкоксен

**Лейкоксен** – минерал состава  $TiO_2$ , являющийся в основном вторичным продуктом разрушения многих титансодержащих минералов (преимущественно ильменита) в условиях химического выветривания.

Руда титана. Название минерала происходит от слов “ксенос”, что означает “чуждый”. Удельный вес 3,3-4,1 г/см<sup>3</sup>; твердость 2,5-5,9.

Цвет белесоватый, кремово-желтый, серовато-коричневый, буровато-коричневый, бурый, серый; в порошке – белый или буроватый.

Блеск жирный, иногда матовый.

Раздавливается с трудом, но легче рутила и брукита.

Встречается в виде неправильных, угловатых, но чаще в той или иной степени окатанных вплоть до совершенно округлых и лепешковидных зерен. Окатанные зерна выделяются гладкой, глянцевитой, как бы лакированной поверхностью, реже – шероховатой и матовой. Нередки псевдоморфозы лейкоксена по ильмениту, иногда по титаномагнетиту, брукиту, анатазу, сфену, перовскиту.

В отдельных зернах сходен с малаконом, деревянистым оловом, колломорфным бадделеитом, коллофаном. От всех названных минералов отличается реакцией на титан (Ti).

Источником лейкоксена являются разнообразные титансодержащие породы, подвергшиеся глубокому химическому выветриванию.

В лейкоксене содержание  $TiO_2$  составляет 47-97%, на долю воды приходится 1-2%, остальное – различные примеси (продукты распада). В россыпях встречается довольно часто лейкоксенизированный ильменит. Обычно содержание лейкоксена в россыпях небольшое, однако в отдельных случаях образуются довольно крупные самостоятельные лейкоксеновые россыпи. Наибольшее значение из них имеют обогащенные лейкоксеном пласты прибрежно-морских крупнозернистых девонских песчаников (их тяжелая фракция представлена в основном лейкоксеном, в незначительном количестве имеются ильменит, рутил, циркон, турмалин), сформировавшихся за счет размыва коры выветривания рифейских метаморфических сланцев. Это – многоярусные россыпи с отдельными обогащенными пластами и пачками.

## §5. Монацит

**Монацит** (греч. “моназо” – быть одиноким) – встречается в виде отдельных зерен, вкрапленных в породу. Отсюда и его название. Состав минерала –  $CaPO_4$  (Корбел, Новак, 2004),  $(Ce, La)[PO_4]$  (Словарь по геологии россыпей, 1985). Есть примеси тория (Th) – в чералите содержание  $ThO_2$  составляет до 28%,  $SiO_2$ , иттрия (Y); в небольших количествах – урана (U), свинца (Pb), иногда кальция (Ca), железа, алюминия, ванадия.

Цвет янтарно-желтый, буровато-желтый, золотисто-желтый, светло-коричневый, красно-коричневый, оранжевый, розовый, зеленовато-желтый, серо-зеленый; иногда бесцветен. Бледно-желтый монацит относится к ранней генерации, а темно-бурые крупные кристаллы – к поздней генерации.

Окраска монацита может быть обусловлена неодинаковым содержанием окисного и закисного железа. Красно-бурые пятна на поверхности кристалла обусловлены окисными соединениями церия.

Блеск жирный, иногда смолистый. Хорошо окатанные зерна имеют гладкую поверхность и сильный блеск (стеклянный).

Удельный вес 4,6-5,5 г/см<sup>3</sup>; твердость 5-5,5. Раздавливается легко (этим отличается в окатанных зернах от похожих циркона, ставролита, турмалина).

Монацит, смоченный в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, окрашивает пламя спиртовки в синеваато-зеленый цвет.

Встречается в виде длиннопризматических и таблитчатых кристаллов, зерен; в россыпях монацит представлен таблитчатыми, угловато-окатанными, хорошо округленными яйцевидными или эллипсоидальными уплощенными зернами (рис. 65).

Призматические кристаллы размером до 200 мм встречаются в Северной Каролине и Колорадо (США), в Норвегии, на Мадагаскаре (здесь распространены сплошные массы весом до нескольких килограмм); кристаллы размером до 200 мм характерны для месторождения Жагуарасу (Минас-Жерайс, Бразилия).

По происхождению монацит магматический в щелочных пегматитах, гранодиоритах, гранитах, сиенитах, карбонатитах; гидротермальный в жилах альпийского типа и в грейзенах; метаморфический в гнейсах. Распространен в россыпях. Монацит ассоциирует с апатитом, ксенотимом и цирконом, встречается в виде отдельных зерен, вкрапленных в породу.

Крупные месторождения монацита известны в Южной Норвегии, на Мадагаскаре, в Индии (пески Траванкура), Шри-Ланке, Бразилии, Австралии.

Монацит представляет собой руду редкоземельных элементов. Согласно П.Корбелю и М.Новаку (2004), монацит иногда слабо радиоактивный минерал. В противоположность этим авторам, В.В.Ляхович (1968) относит монацит к сильно радиоактивным минералам.

Весьма устойчивый минерал, может быть перенесен на большие расстояния от коренного источника и накапливаться в россыпях разного происхождения:

- аллювиальных вместе с цирконом, ильменитом, апатитом, магнетитом, ксенотимом, турмалином, ортитом, рутилом, касситеритом (россыпи Бэр-Велли, США; Малайзии, Пакистана, Бразилии, о-ва Тайвань);

- прибрежно-морских и дельтовых вместе с ильменитом, цирконом, рутилом, гранатом, ставролитом; эти россыпи имеют протяженность в несколько десятков километров, а мощность песков в них достигает 0,5-1,5 м (в современных россыпях) – 6-10 м (в древних россыпях); обычно это – комплексные россыпи, в которых монацита не очень много (3-3,5 кг/т); богатые (150-200 кг/т) собственно монацитовые россыпи известны на западном побережье Шри-Ланки (Словарь по геол. россыпей, 1985).

Морские донные россыпи монацита имеются на побережье Бразилии. Эти россыпи протягиваются вдоль берегов Бразилии на значительное расстояние. На небольшом удалении от коренного источника формируются бедные элювиальные и склоновые россыпи монацита.

Основное промышленное значение имеют прибрежно-морские, аллювиальные и в ряде случаев пролювиальные россыпи монацита.

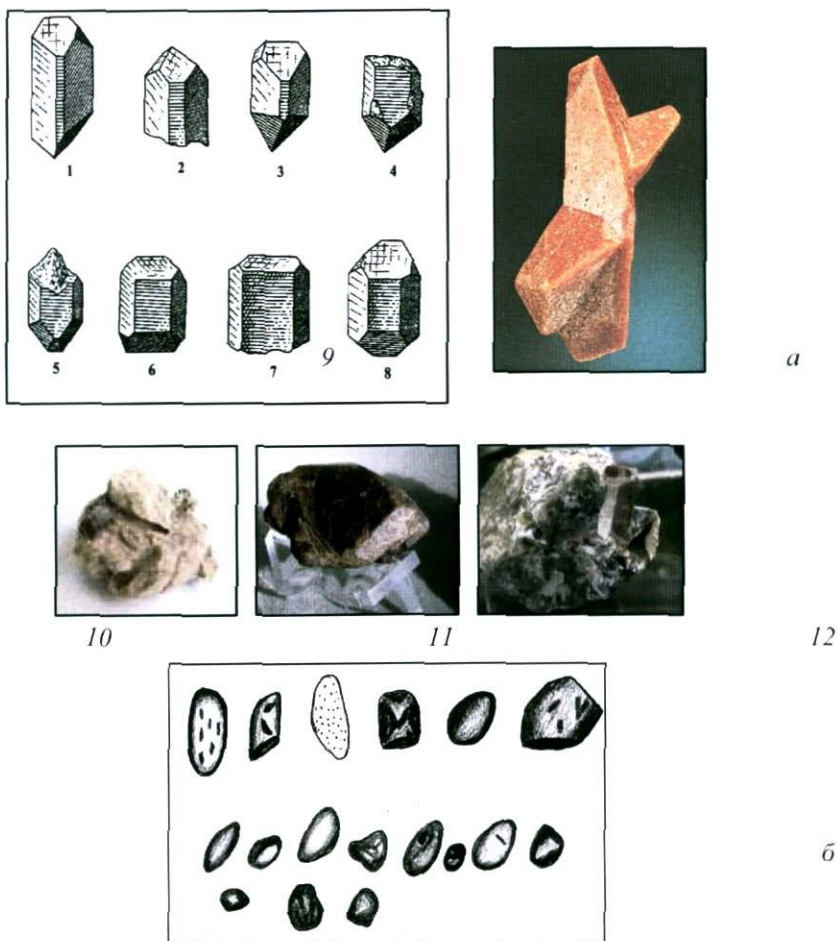


Рис. 65. Формы кристаллов (а) и зерен (б) монацита: 1-6-зеленовато-желтые призматические из гранита; 7-8 – красно-бурые таблитчатые из пегматита (Ляхович, 1968); 9- кристалл размером 31мм с месторождения Фелисиу, Бразилия (Корбел, Новак, 2004); 10-12 – фото кристаллов из Интернета; б – зерна монацита из россыпей

## §6. Ксенотим

**Ксенотим** (греч. «ксенос» означает «чуждый», а «тими»- «честь») – минерал, представляющий собой фосфат иттрия ( $YPO_4$ ). Обычно содержит примеси эрбия (Er), церия (Ce), лантана (La), скандия (Sc), тория (Th), урана (U), бериллия (Be), кальция (Ca), циркония (Zr). По структуре подобен циркону.

Цвет разнообразный: желтовато-бурый, красновато-бурый, бледно-желтый, коричневый, серый, зеленоватый, бесцветный.

Удельный вес 4,4-5,1 г/см<sup>3</sup>; твердость 4-5.

Встречается в виде длиннопризматических до таблитчатых кристаллов, их обломков, кристаллических сростков, различных окатанных зерен (рис. 66).

Призматические кристаллы размером до 100мм известны в Норвегии, Швеции, Японии, на Мадагаскаре, а кристаллы размером до 20мм - в Швейцарии.

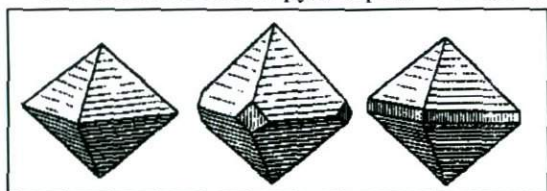
Магматический - в гранитных и щелочных пегматитах, гранитах и сиенитах; гидротермальный - в жилах альпийского типа, метаморфический в гнейсах.

Иногда слабо радиоактивный.

Сходен с цирконом и монацитом. От первого отличается с трудом по меньшему преломлению, большему двупреломлению, лучшей спайности и двойниками, а от монацита - по осности и большему двупреломлению.

Ксенотим устойчив при выветривании, абразивно прочный, поэтому достаточно хорошо сохраняется при дальних переносах. Часто встречается в прибрежно-морских россыпях совместно с титанистыми минералами, цирконом и монацитом, в которых его содержание может достичь промышленных значений. Как сопутствующий минерал в небольших количествах присутствует в россыпях олова.

Ксенотим является рудой редкоземельных элементов.



а



б



в



Рис. 66. Кристаллы ксенотима: а - из гранитов (Ляхович, 1968); б - х14мм, округ Вашингтон, США (Корбел, новак, 2004); в - фото ксенотима из Интернета

## §7. Эвксенит

**Эвксенит** (от греч. “эвксенос” – гостеприимный; по содержанию редких элементов) – минерал состава  $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Nb, Ti, Ta)_2O_6$ , представляет собой иттриевый и редкоземельный (Ce) тантало-ниобат. При преобладании титана переходит в *поликраз*.

Цвет черный, иногда буроватый или зеленоватый. Блеск алмазный со смолистым отливом (по другим данным - стеклянный). Излом раковистый. Хрупкий. Растворяется в смеси кислот HF и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Сильно радиоактивен.

Удельный вес 4,3-5,8г/см<sup>3</sup>; твердость 5,5-6,5.

Встречается в виде призматических, иногда уплощенных кристаллов, их обломков размером 0,1-5,0мм, неправильных зерен, сплошных масс (рис. 67).

Источником эвксенита являются редкоземельные гранитные пегматиты, реже – альбит – сподуменовые пегматиты.

Устойчив в коре выветривания, выдерживает перенос на расстояние до 20км от коренного источника и может сформировать самостоятельные россыпи промышленного значения. Примером такой россыпи может быть россыпь Бэр-Велли (штат Айдахо, США), которая образовалась при перемыве доплейстоценовых кор выветривания за счет разных источников питания. В этой россыпи на долю эвксенита приходится 600г/м<sup>3</sup>, колумбита - 100г/м<sup>3</sup>, монацита - 300г/м<sup>3</sup>; присутствуют также торит, циркон, магнетит и гранаты.

Россыпь Бэр-Велли была отработана драгой и дала эвксенитовый концентрат с содержанием  $(Ta, Nb)_2O_5$  в 28%, из которого извлекли также TR, U, Th.

Эвксенит как сопутствующий минерал известен в россыпях колумбита-танталита (Бразилия). Обычно встречается в ассоциации с колумбитом, монацитом, торитом, магнетитом, цирконом.

Среди россыпей эвксенита выделяются элювиальные, склоновые и (чаще всего) аллювиальные (русловые, долинные, террасовые) морфогенетические типы.

*Таблица 9.*

Схема классификации россыпных месторождений эвксенита и лопарита  
(Гурвич и др., 1960)

### I. Эвксенитовые (фергусонитовые, самарскитовые) россыпи\*

Коренные источники россыпей	Генетические типы россыпей	Характерные попутные компоненты	Промышленное значение россыпей
Магматические (граниты, кварцевые диориты) Пегматиты: а) не замещенные или слабо замещенные (микроклиновые) б) сильно замещенные (альбит-сподуменовые) Пневматолито-гидротермальные (альбиты, генетически связанные со щелочными сиенитами и гранитами)	Аллювиальные, элювиаль-но-делювиальные Аллювиальные » »	Монацит, реже колумбит Ксенотим, циртолит, иттротанталит Касситерит, танталит Приорит, малакон, ксенотим	Крупные месторождения  Мелкие россыпи  Месторождения средних масштабов Мелкие месторождения
II. Лопаритовые россыпи			
Магматические (нефелиновые сиениты-малиниты, уртиты)	Озерные, аллювиальные и пролювиальные	--	Возможны крупные месторождения



Рис. 67. Фото эвксенита из Интернета

## §8. Лопарит

**Лопарит** (по прежнему названию саами- лопари) – минерал состава (Na, Ce, Ca) (Ti, Nb)O<sub>3</sub>, относящийся к группе перовскита. Содержание ZTR цериевой группы составляет в лопарите 30-33,5%, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 8-12%, примеси Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,6-0,8%. Есть примесь также Th и других элементов.

Удельный вес 4,6г/см<sup>3</sup>; твердость 5,5-6,0. Довольно устойчив в зоне гипергенеза.

Лопарит является порообразующим минералом ряда разновидностей нефелиновых пород – малинитов, уртитов и других и характерным минералом россыпей, связанных с размывом этих пород.

Форма нахождения лопарита в россыпях – кристаллы и их обломки, размеры которых обычно составляют 0,1-1,0мм, лишь иногда встречаются кристаллы величиной до 6мм (рис. 68).

Россыпи лопарита относятся к россыпям ближнего сноса (солифлюкционные, элювиальные, флювиогляциальные, моренные, озерные, верхних звеньев речной сети), однако в силу своей устойчивости и высокой миграционной способности может также накапливаться в пляжевых осадках на удалении 200-250км от коренного источника. В россыпях промышленного значения мощность лопаритосодержащих отложений достигает 30м, его содержание - их 1кг/ м<sup>3</sup>, а запасы Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -нескольких десятков тысяч тонн при содержании Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в десятые доли процента (Гурвич и др., 1960; Словарь по геол. россыпей, 1985).



Рис. 68. Формы встречаемости лопарита (фото из Интернета)

## §9. Анатаз

**Анатаз** (анатазис – удлинение, вытягивание) минерал состава  $TiO_2$ , отличается от рутила по структуре, встречается гораздо реже последнего. Содержит примеси железа, иногда олова, ниобия (до 2,16%  $Nb_2O_5$ ).

Цвет черно-серый, коричневый, красно-коричневый, синий, бурый, желтый, иногда бесцветный, редко голубовато-зеленый, серовато-зеленый. В порошке белый, голубоватый, бледно-серый и желтоватый. Окраска часто распределяется пятнами или зонально.

Поверхность обычно неровная, ямчатая и грубошероховатая.

Блеск алмазный, на гранях темноокрашенных кристаллов иногда металлоподобный, в зернистых агрегатах жирный. Химически устойчив, в кислотах нерастворим, не плавится. При нагревании до  $620-650^{\circ}C$  (по другим данным – до  $800-850^{\circ}C$ ) переходит в рутил. Весьма хрупок, раздавливается легко.

Удельный вес  $3,8-4,0 г/см^3$ ; твердость 5,5-6. В последнее время анатаз рассматривается как один из основных источников получения титана.

Встречается в виде таблитчатых, призматических или пирамидальных кристаллов, неправильных зерен с совершенной спайностью. В россыпях чаще всего представлен остроугольными зернами, иногда угловато окатанными, очень редко - средне- и хорошо окатанными (рис. 69).

Кристаллы размером до 50мм встречаются в Швейцарии, иссиние-черные кристаллы до 30мм – в Норвегии, до 15мм – на Приполярном Урале, до 30мм – в Колорадо (США) (Корбел, Новак, 2004).

Анатаз сходен:

- в кристаллах иногда со шпинелью,
- в неправильных и окатанных зернах голубого и синего цвета с корундом (от обоих отличается по меньшему сопротивлению раздавливанию, сильному алмазному блеску и оптическим свойствам);

- в желто-бурых и бурых зернах агрегатного сложения с рутилом (отличие по величине двупреломления и оптическому знаку).

Источником анатаза являются хлоритовые и слюдяные сланцы, пегматиты, жилы альпийского типа, площадные коры выветривания разных пород (Словарь по геол. россыпей, 1985). Известны источники анатаза в Гарце и Тюрингенском Лесу, Сен-Готарде (Швейцария), на Северном Урале, в Бразилии. Образуется также в результате разрушения ильменита.

Анатаз в очень небольших количествах встречается в титановых россыпях, хотя и является обычным минералом таких россыпей. Самостоятельных россыпей не образует, однако в россыпях других минералов часто образует гнезда с высокой концентрацией.

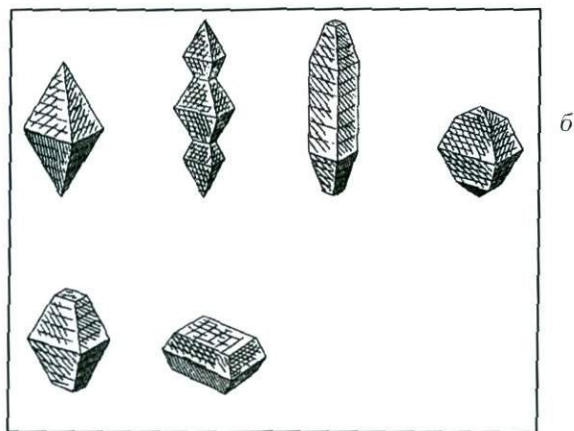
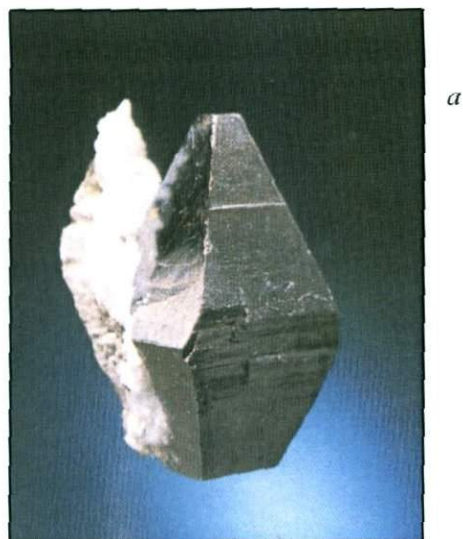


Рис. 69. Кристаллы анатаза: а – 16мм, Хардангервидда, Норвегия (Корбел, Новак, 2004); б – из гранита (Ляхович, 1968)

## §10. Брукит

**Брукит** (Brookite – назван по фамилии английского минеролога Г.Дж.Брука – 1771-1857) – минерал состава  $TiO_2$ . Иногда содержит примеси Fe и Nb. По химическому составу идентичен рутилу и анатазу. Встречается гораздо реже рутила. Брукит – один из источников получения титана.

Цвет светло – до темно-коричневого, желто-коричневый, черный, янтарно-желтый, реже буро-коричневый, красновато-бурый, темно-бурый, зеленовато-бурый. Часто отмечается зональная окраска, обычно пятнистая с неправильным распределением различных цветов, реже имеющая вид полос и секторов.

Прозрачен, реже непрозрачен.

Блеск сильный алмазный, на поверхности обтертых и окатанных зерен **сильный жирный**.

Удельный вес  $3,9-4,2 г/см^3$ ; твердость 5-6. Устойчив в условиях химического выветривания. Хрупок, раздавливается с большим трудом (как рутил). Излом неровный, раковистый. В кислотах нерастворим. Устойчив к выветриванию.

Встречается в форме таблитчатых, бипирамидальных, длинно- и короткопризматических, пластинчатых кристаллов, реже окатанных зерен. Характерна штриховка граней (рис.70).

Кристаллы размером до 50 мм известны в Швейцарии, США, Италии, Приполярном Урале (Корбел, Новак, 2004); хорошо образованные кристаллы на кварце встречаются в Австрии, Пакистане, Франции.

Источником брукита являются гранитные и щелочные пегматиты, жилы альпийского типа. Брукит встречается и в осадочных породах.

Брукит иногда сходен с:

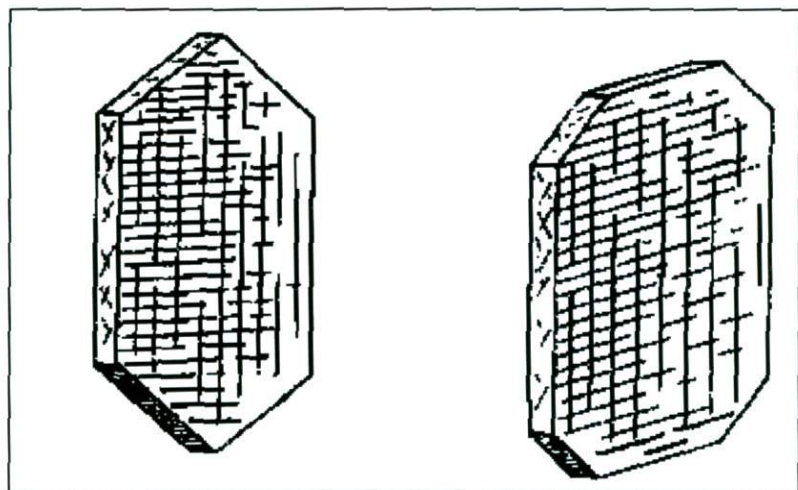
- рутилом – отличается отсутствием у рутила аномальной интерференционной окраски, одноосностью рутила и по исключительно высокому двулучепреломлению;

- в неправильных зернах с бурым и желтым сфеном – отличие состоит в том, что брукит раздавливается с трудом, имеет резко выраженную дисперсию.

Брукит обычно редкий минерал, однако нередко встречается в россыпях, в частности, золотоносных вместе с рутилом и кварцем. Источником его поступления в россыпи нередко служит аксессуарный брукит разнообразных горных пород. В россыпях при дегидратации и раскристаллизации лейкоксена (титановые россыпи Тимана) может образоваться вторичный брукит. Самостоятельных россыпей брукит не образует.



*a*



*б*

Рис. 70. Кристаллы брукита: *a* – 50мм, Додо, Приполярный Урал (Корбел, Новак, 2004); *б* – из гранита (Ляхович, 1968)

## §11. Сфен (титанит)

**Сфен** (сфэн – клин, название связано с формой кристаллов) – минерал состава  $\text{CaTiOSiO}_4$ . Часты примеси Fe, Al, Mg, Mn, Y, TR, Nb, Ta, Sn, Zn, Be, Na, K, Th, U. Содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  может достигать 6% (каждого),  $\text{TR}_2\text{O}_3$  – 10%,  $(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_5$  – 1,5%. Иногда радиоактивен.

Цвет желтый, коричневый, зеленый, серый до черного, бесцветный, бурый, молочно-белый, розовый; в порошке – белый.

В большинстве случаев прозрачен или просвечивает. Молочно-белые и серые сфены непрозрачны.

Блеск алмазный на гранях кристаллов, в изломе смолистый или жирный. Излом неровный, ямчатый или мелкокоралловидный.

Удельный вес  $3,5\text{г/см}^3$ ; твердость 5-5,5. В HCl и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при кипячении разлагается частично или полностью.

Хрупок, раздавливается средне.

Встречается в форме хорошо сформированных таблитчатых кристаллов и их комбинаций, плоских конвертообразных или клиновидных многогранников, призматических до игольчатых кристаллов с острыми копьевидными окончаниями, ромбовидных кристаллов с грубошероховатыми искривленными гранями, а также в виде зернистых и сплошных масс (Геол. словарь, т. II, 1960; Корбел, Новак, 2004; Ляхович, 1968) – рис. 71.

В россыпях сфен встречается в виде отдельных кристаллов, их обломков, угловатых неправильных зерен, в форме хорошо окатанных дискоидальных или округлых зерен с гладкой и блестящей поверхностью. Иногда встречаются плотные, землистые или эмалевидные частицы с реликтами ильменита, перовскита, титаномагнетита и других титансодержащих минералов.

Кристаллы размером до 180мм известны в Швейцарии, Австрии, Приполярном Урале; крупные, плохо сформировавшиеся кристаллы весом до 40кг были найдены в Канаде, США.

Сфен по происхождению метаморфический и магматический минерал. Встречается как очень распространенный аксессуарный минерал во многих изверженных и метаморфических породах и пегматитах. Связан также с гидротермальными жилами альпийского типа.

По внешнему виду сфен может быть принят:

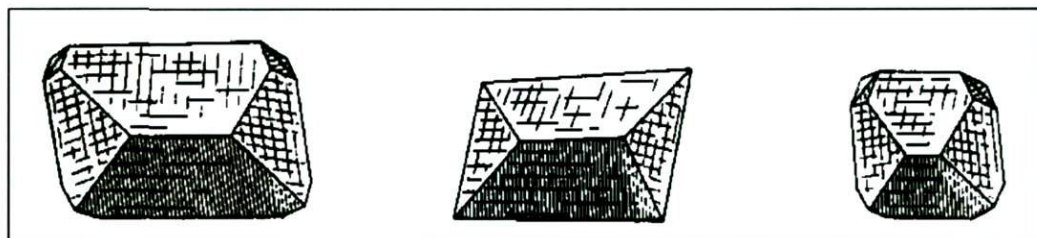
- бурый и коричневый – за касситерит, монацит, ставролит, андрадит, бадделейт, циркелит, рамзаит, некоторые тантало-ниобаты;
- зеленовато-бурый – за гранат, анатаз;
- молочно-белый непрозрачный – за шеелит, барит.

Основное отличие сфена от вышеназванных минералов – его сильный (алмазовидный) блеск.

Сфен является довольно распространенным минералом различных (в том числе и титановых) россыпей, однако самостоятельных россыпей не образует.



*a*



*b*

*Рис. 71. Кристаллы сфена (титаниита): а – х 20мм, Штубахталь, Австрия (Корбел, Новак, 2004); б – из гранита (Ляхович, 1968); в – сфен в виде сплошных масс (фото из Интернета)*

## §12. Комплексные титано-циркониевые россыпи

Выше отмечалось, что ильменит, рутил, лейкоксен и, в последнее время, анатаз являются основным источником получения титана. Потребность в титане растет с каждым днем, поэтому поискам его источников уделяется большое внимание.

Наиболее богатыми по содержанию  $TiO_2$  являются рутиловые концентраты (93-95%), ильменитовые концентраты содержат 44-70%  $TiO_2$ , лейкоксеновые – до 90%  $TiO_2$ .

В мире известно более 300 месторождений титановых минералов: 70 из них магматические (содержат 69% их мировых запасов), 10 – коры выветривания разных пород (примерно 10% мировых запасов) и более 230 – россыпные (20% запасов). Мировые запасы титана содержатся в ильмените (более 82%), анатазе (менее 12%) и рутиле (6%). Наибольшее промышленное значение имеют россыпи титаносодержащих минералов. Они же являются наиболее вовлеченными в коммерческую эксплуатацию источниками рутилового сырья и половины ильменитового.

По мировым запасам и базе запасов титановых минералов лидируют КНР, Россия, Австрия (табл. 9).

Таблица 10.

Мировые запасы и база запасов титановых минералов по содержанию  $TiO_2$  на конец 2006г. в млн. т (оценка Геологической службы США – Металиди, 2009) – без данных по России

Тип сырья и страна	Ильменит		Рутил	
	Запасы	База Запасов	Запасы	База запасов
Всего	<b>603-673</b>	<b>1200-1315</b>	<b>49,7-52,7</b>	<b>100,4-103,4</b>
КНР**	200	350	н/д	н/д
Австралия*	130-200	160-250	19,0-22,0	31,0-34,0
ЮАР	63	220	8,3	24,0
Индия*	85	210	7,4	20,0
Норвегия	37	60	н/д	н/д
США	6	59	0,4	1,8
Канада	31	36	н/д	н/д
Мозамбик	16	21	0,48	0,57
Украина	5,9	13	2,5	2,5
Бразилия	12	12	3,5	3,5
Вьетнам*	5,2	7,5	0,4	1,8
Сьерра-Леоне	н/д	н/д	2,5	3,6

\*Наиболее крупными эксплуатируемыми месторождениями являются прибрежные россыпи, содержащие титан, цирконий и редкоземельные элементы, расположенные вдоль берегов Индии, Бангладеш, Шри-Ланки, Вьетнама, Австралии, Новой Зеландии

\*\* Большинство месторождений в Китае относятся к магматическим рудам и являются источником титана и железа

По данным А.Ануфрисенко (<http://www.snab.ru/stati/49-5.html>), разведанных запасов ильменита при современных темпах его разработки хватит на 150 лет, рутила – 80 лет, а суммарного запаса рутила - бразильского анатаза – на 300 лет.

По объему разведанных запасов титановых минералов Россия со своими двадцатью месторождениями (11 коренных и 9 россыпных) занимает второе место в мире после КНР. На долю запасов руд россыпей приходится 59,9%. При этом титансодержащие минералы в России в основном концентрируются в комплексных титано-циркониевых россыпях и в одно- или двухминеральных (ильменит + лейкоксен) россыпях. В зарубежных странах основой запасов россыпных месторождений являются комплексные прибрежно-морские россыпи циркон-лейкоксен-рутил-ильменитового состава.

Комплексные титано-циркониевые россыпи в России выявлены в Тамбовской (Центральное месторождение), Нижегородской (Лукояновское), Омской (Тарское) и Томской (Туганское и Георгиевское) областях. Качество руд этих россыпей почти не уступает зарубежным, лишь по содержанию рудных минералов они пропускают вперед Австралию и Индию.

Среди комплексных титано-циркониевых россыпей известны россыпи разного возраста (от докембрийских до современных) и разного генетического типа (аллювиально-озерные, золотые-донные, прибрежно-морские). Естественно, что древние россыпи метаморфизованы, более молодые литифицированы. Наибольшее значение имеют современные прибрежно-морские россыпи, в которых совместно присутствуют циркон, рутил, ильменит, лейкоксен, монацит как наиболее устойчивые минералы. Такие комплексные россыпи с высоким содержанием полезных компонентов распространены на побережьях морей и океанов в пределах тропического и субтропического климатического поясов следующих стран: Австралии, Индии, Шри-Ланки, Бразилии, США, Аргентины, Чили (южная часть), Египта, Сенегала, Тайваня (западное побережье), стран юго-западной и южной Африки и др. Здесь поисковый интерес представляют пляжевые пески, в которых содержание тяжелых минералов достигает десятков процентов, что придает этим пескам черный цвет ("черные пески"). Последние чередуются со светлыми песками с меньшим содержанием тяжелых минералов.

Уже на протяжении многих десятков лет ведется разработка пляжей северо-восточного побережья о. Шри-Ланка. В пляжевых песках здесь на долю ильменита приходится 75-80%, рутила — 6-10%, циркона — 6-7%, еще 2-3% приходится на магнетит (Меро, 1969).

Сопутствуют пляжевым комплексным титано-циркониевым россыпям менее богатые донные россыпи, выделяющиеся своими значительными запасами полезных минералов и более выдержанными их содержаниями.

Прибрежно-морские россыпи прослеживаются вдоль побережья на многие десятки километров, ширина их достигает нескольких десятков метров, а мощность пластов — в среднем 2 м (максимум до 10 м, иногда больше).

Комплексные титано-циркониевые россыпи имеются и на морских побережьях с умеренным климатом, однако содержание полезных минералов в них невысокое, а в тяжелой фракции много неустойчивых минералов.

Наибольшее промышленное значение в бывшем СССР имели мезозойские и палеогеновые прибрежно-морские и аллювиально-озерные титано-циркониевые россыпи, в которых содержание ильменита достигало первых сотен килограммов, а рутила, лейкоксена и циркона — десятков килограммов на 1 м<sup>3</sup>. В этих россыпях нередко промышленные концентрации формировали также монацит и ксенотим.

Современные комплексные титано-циркониевые россыпи известны на побережьях Охотского и Балтийского морей.

На Балтийском море морские россыпи расположены в зоне подводных валов и протягиваются полосой вдоль современной береговой линии Юго-

восточной Балтики на десятки километров от Вислинской косы на юге до Лиэпаи и Вентспилса на севере (рис. 72).

Длина отдельных россыпей составляет от 1,5-2км до 17км, ширина – 130-800м, мощность продуктивного пласта – 0,1-1,5м (редко 2,3м). Содержание ильменита, рутила и циркона (в пересчете на условный ильменит) по отдельным участкам россыпи колеблется в пределах 30-150кг/м<sup>3</sup> (Нурок и др., 1970).

Балтийские россыпи были изучены еще в 60х годах В.Г.Ульстом (1963, 1964), В.Р.Бойнагряном (1968, 1969, 1971), сотрудниками Московского горного института (Нурок и др., 1970). Было выявлено, что эти россыпи представлены хорошо отсортированными тонкозернистыми песками и крупным алевритом и из рудных минералов содержат ильменит, рутил, лейкоксен и циркон. В тяжелой фракции присутствуют также много амфиболов, эпидота, гранатов, магнетита; в небольшом количестве – турмалин, пироксен, ставролит, апатит, дистен. Легкая фракция представлена почти полностью кварцем.

Формирование концентратов тяжелых минералов в береговой зоне Юго-восточной Балтики (как и на побережьях других морей) происходит в процессе вдольберегового и поперечного перемещения наносов. По нашим исследованиям (Бойнагрян, 1969), при вдольбереговом перемещении наносов зоны повышенных концентраций тяжелых минералов обычно располагаются параллельно береговой линии на определенных участках и совпадают с той или иной гранулометрической фракцией прибрежно-морских наносов.

В распределении титано-циркониевых минералов проявляется зависимость не только от удельного веса, но и от крупности их зерен. Как минералы с высоким удельным весом они накапливаются на участках размыва (абразионный северный берег Самбийского полуострова, прикорневая часть Куршской косы), где происходит вынос более легких минералов на соседние по ходу перемещения наносов участки. В то же время эти минералы тяготеют к наносам мелкого гранулометрического состава, т.к. первоначальные размеры данных аксессуаров в материнских породах рассматриваемого района Балтики небольшие по сравнению, например, с зернами граната или эпидота. Поэтому они могут вместе с общей массой более легких (но гидравлически однородных) минералов перемещаться на значительные расстояния вдоль берега и при замедлении перемещения наносов начать аккумулироваться на подводном склоне в первую очередь (в этом случае будет сказываться их больший удельный вес). При этом наилучшие условия для их концентрации существуют в той части подводного склона, где накапливаются алевритовые частицы, равные им по крупности зерен, но уступающие по удельному весу. В этих условиях хорошей гранулометрической сепарации перемещаемых наносов на первый план выступает удельный вес минералов. Поэтому и отмечается повышение содержания титано-циркониевых минералов также у дистального окончания Куршской косы, а также в средней части дугообразной вогнутости на западном берегу Самбийского полуострова.

При поперечном перемещении наносов образование концентратов тяжелых минералов происходит в определенных морфологических зонах: на пляже, на вершинах подводных валов и на их морском склоне, а также в нижней части подводного склона, где начинается деформация наиболее крупных штормовых волн.

Основным фактором, обуславливающим сортировку наносов по удельному весу и концентрацию тяжелых минералов по профилю подводного склона, является разрушение волны над гребнем подводного вала или на его морском склоне, ведущее к взвешиванию и выносу более легких минералов и концентрации тяжелых минералов.

На пляже процесс естественного шлихования связан с действием прибойного потока – с разницей в наносодвижущей способности прямого и обратного потоков. В результате в верхней зоне пляжа происходит устойчивое накопление тяжелых минералов, которые “окрашивают” пески пляжа в черный цвет (рис. 73).

В периоды отсутствия штормов дальнейшая концентрация тяжелых минералов на пляже осуществляется под действием ветра.

Наши исследования показали, что на участке длиной около 2 км у пос. Лесной на Куршской косе среднее валовое содержание тяжелых минералов в пляжевых песках составляет 18,7%, а по отдельным шурфам возрастает до 35,7-52,8% (глубина шурфов 1-1,5 м). В толще пляжевых песков распределение тяжелых минералов неравномерное. Обогащенные почти до чистого концентрата (тяжелая фракция составляет 75-85%) прослои и линзы чередуются с обедненными слоями, в которых тяжелых минералов значительно меньше (несколько процентов). На участке у пос. Лесной в пляжевых песках содержание полезных минералов следующее: циркон – 0,32%, рутил – 0,41%, ильменит – 5,3%, лейкоксен – 0,23%, что составляет примерно 1200 тонн. Здесь же перспективными на тяжелые минералы являются и пески авантюна, в которых их содержание местами достигает 134 кг/м<sup>3</sup> при мощности обогащенной толщи в 6 м. Валовое содержание титано-циркониевых минералов в обогащенных прослоях составляет 30-40%, а в обедненных – 1-5%. В разрезе песков авантюны четко прослеживается чередование обогащенных и обедненных прослоев (рис. 74).

Определенные закономерности были выявлены нами и по распределению тяжелых минералов по вертикали в толще прибрежно-морских наносов (в Балтийской россыпи). Изучение более 50 колонок показало, что распределение тяжелых минералов в толще современных прибрежно-морских наносов неодинаково и обычно их максимум приходится на верхние 50-100 см (редко до 150 см). При этом абсолютный максимум валового содержания тяжелых минералов приурочен к средней или нижней части обогащенной верхней толщи наносов.

Содержание тяжелых минералов в верхнем слое наносов составляет примерно 15 кг/м<sup>3</sup> (в отдельных случаях – до 51-63 кг/м<sup>3</sup>).

В целом прибрежно-морские россыпи Юго-восточной Балтики бедны титано-циркониевыми минералами, но они могут разрабатываться в течение длительного времени, т.к. относятся к возобновляемым россыпям и после их отработки довольно быстро восстанавливаются. Это подтверждается и наблюдениями сотрудников Московского горного института, которые отмечают, что уже через месяц после отработки россыпи на опытно-участке Балтийского моря (за это время было несколько штормов) повторный отбор проб грунта показал, что содержание тяжелых минералов в поверхностном слое наносов на месте отработанной россыпи не только не уменьшилось, но и несколько повысилось. Был полностью восстановлен и профиль подводного склона (Нурок и др., 1970).

Довольно быстрое восстановление обрабатываемых прибрежно-морских россыпей отмечается также на северо-восточном берегу о-ва Шри-Ланка (ильменитовая россыпь современного пляжа), на побережье о-ва Мадагаскар, Австралии, Гвинеи, Бразилии (пляжевая россыпь Комоксатиба) и других морских побережий.

Поэтому современные прибрежно-морские россыпи титано-циркониевых и других минералов являются довольно перспективными и имеют большое промышленное значение.

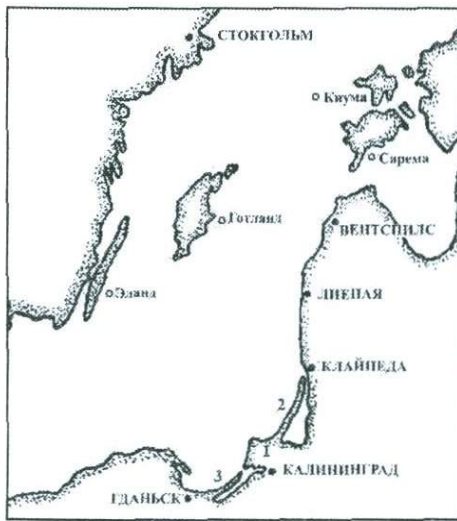


Рис. 72. Обзорная схема Юго - восточной Балтики, где разведаны морские титаноциркониевые россыти (масштаб 1:8000000): 1 – Самбийский полуостров, 2 – Куриская коса, 3 – Вислинская коса



Рис. 73. “Черные пески” (концентраты тяжелых минералов) на пляже в прикорневой части Куриской косы Балтийского моря (фото автора)



Рис. 74. Прослой черных (обогащенных тяжелыми минералами) и серых (бедных тяжелыми минералами) песков в разрезе подножия авантюны у пос.Лесной на Куриской косе Балтийского моря (фото автора)

## Глава шестая

### РОССЫПИ АБРАЗИВНЫХ МИНЕРАЛОВ И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

К абразивным минералам относятся гранаты и корунд, а к минералам черных металлов – магнетит, титаномагнетит и хромит.

Гранаты рассмотрены выше. Здесь отметим только, что обычно в качестве абразивного сырья используется в основном алмадин как наиболее устойчивый из гранатов к истиранию.

#### §1. Корунд

**Корунд** (санскр. *kuruwinda* - рубин) представляет собой минерал состава  $Al_2O_3$ . Его разновидностями являются *рубин* (красный, темно-красный), *сапфир* (синий, голубой, иногда розовый, желтый, зеленый), *лейкосапфир* (бесцветный), *наждак*. Обычный корунд и наждак серого цвета.

Удельный вес 3,95-4,1г/см<sup>3</sup>; твердость 9 (уступает только алмазу). В кислотах не растворяется.

Встречается в виде угловатых и угловато-окатанных зерен, длинно-призматических до бочонкообразных кристаллов и их обломков (рис. 75).

Крупный кристалл обычного корунда весом 151кг был найден в Летабе (ЮАР).

Магматический в андезитах, пегматитах и базальтах; метаморфический; сравнительно обычный минерал россыпей в ассоциации с андалузитом, топазом, шпинелью. Отличается высокой устойчивостью, поэтому часто присутствует в россыпях золота, редкометалльных и титано-циркониевых россыпях. Самостоятельные россыпи промышленного содержания характерны для рубина, сапфира, а также технического корунда и наждака (элювиально-склоновые валунные россыпи двух последних его разновидностей, известные в ЮАР). Россыпи корунда есть на юге Сибири (здесь встречаются также элювиальные россыпи наждака мезозойского возраста – Обуховское месторождение в Салаирском кряже) (Словарь по геол. россыпей, 1985).

Рубин и сапфир были рассмотрены нами выше в качестве минералов – драгоценных камней первого класса. Обычный корунд и наждак представляют интерес как абразивное сырье.

**Наждак** является тонко- и мелкозернистой породой, состоящей из зерен корунда с магнетитом, хлоритоидом, маргаритом, пиритом и другими минералами. Цвет его обычно серый, но встречаются также черные и темно-зеленые разновидности. Содержание корунда в товарных сортах наждака составляет 45 -25% для первого, второго и третьего сортов и менее 25% (до 10-15%) – для четвертого сорта. Из наждака изготавливают простейшие абразивные изделия (наждачные шкурки, порошки для шлифования, полирования, точения камней и др.) (Геол. словарь, т.2, 1960, с. 62).

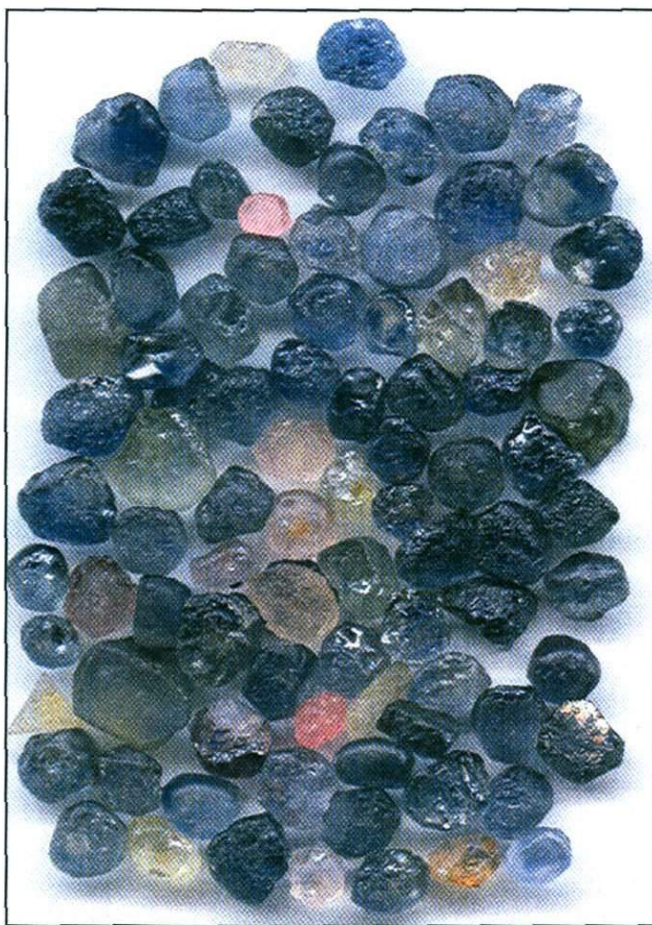


Рис. 75. Зерна корунда - 4мм, Монтана, США (Корбел, Новак, 2004)

## §2. Магнетит

**Магнетит** (по имени пастуха, нашедшего природный магнитный камень, - Магнес) – минерал состава  $Fe^{+2} Fe^{+3} O_4$ . Имеет разновидности: *магнезиоферрит* (при замещении части  $Fe^{+2}$  магнием  $Mg^{+2}$ ), *сильфбергит* (замещение  $Fe^{+2}$  марганцем  $Mn^{+2}$ ), *титаномагнетит* ( $Fe^{+3}$  частично замещается  $Ti^{+4}$ ); содержит примеси V, Cr и др.

Удельный вес 4,8-5,3г/см<sup>3</sup>; твердость 5,5-6,5. Хрупок, раздавливается с трудом.

Цвет магнетита железо-черный, иногда красновато-бурый; в порошке – от черного до буро-черного. Блеск металлический. Непрозрачный. Сильно магнитен, иногда полярно магнитен. В кислотах растворяется с трудом. С  $NH_4CNS$  и  $K_3[Fe(CN)_6]$  дает реакцию на  $Fe^{+2}$  и  $Fe^{+3}$  - синее окрашивание. Встречается в виде кристаллов октаэдрического облика, ромбододекаэдров, обломков кристаллов, плотных тонкозернистых частиц и угловатых, слабоокатанных и реже хорошо окатанных зерен (рис. 76).

Магнетит сходен с ильменитом и хромитом (оба иногда проходят в магнитную фракцию). Отличие заключается в том, что магнетит агрегируется хлопьями, а ильменит и хромит часто просвечивают в краях тонких зерен.

Магнетит является весьма обычным акцессорным минералом изверженных и метаморфических пород, иногда образует в них, а также в пегматитах большие скопления. В скарнах он метасоматический (гора Магнитная на Южном Урале), также метаморфический, реже – гидротермальный, очень редко – экзогенный (Геол. словарь, т.2, 1960, с. 5). Важная руда железа. Известные магнетитовые месторождения по происхождению метасоматические и метаморфические. Крупнейшие месторождения магнетита есть в Швеции, на Урале, в Средней Азии, Забайкалье, ФРГ, Бразилии, Южной Африке, на Лабрадоре, у оз.Верхнее (США), Кривого Рога, Курска и др. районах Земли.

Месторождения железа (магнетита, титаномагнетита, гематита и др.) в Армении относятся к разным генетическим типам (Хачатурян, Гулян, 1967):

- небольшие месторождения Капутана, Камакара и Сваранца – к гистеромагматическим месторождениям; при этом Капутанское месторождение является месторождением апатит-магнетитовых руд, связанных с сиенито-диоритами, а Сваранцкое и большая часть Камакарского – месторождением титаномагнетитовых руд, генетически связанных с основными интрузивными породами;
- Разданская (Судагянская) и Кохбская группа месторождений - к скарновым (контактово-метасоматическим) месторождениям, тесно связанным с умеренно кислыми гранитоидами;
- небольшие жильные месторождения магнетитовых (Якшатова балка) и гематитовых (Боверигаш) руд;
- Агарцинское месторождение - к ископаемым россыпям типа магнетитовых песчаников;
- небольшие проявления в бассейне р.Мармарик, расположенные среди докембрийских отложений – к метаморфогенным месторождениям типа железистых кварцитов и роговиков.

Широко распространен в россыпях, слагая основную часть черного шлиха. При выветривании переходит в *мартит* (Mars, род. подеж Martis – бог войны у римлян), представляющий собой псевдоморфоз гематита по кристаллам магнетита.

В процессе транспортировки в условиях гипергенеза устойчив, поэтому скапливается в больших количествах в россыпях разных генетических типов. Собственно магнетитовые россыпи относительно редки. Чаще всего магнетит в россыпях представлен титаномагнетитом в ассоциации с ильменитом, поэтому такие россыпи обычно разрабатываются сразу на два металла - железо и титан.

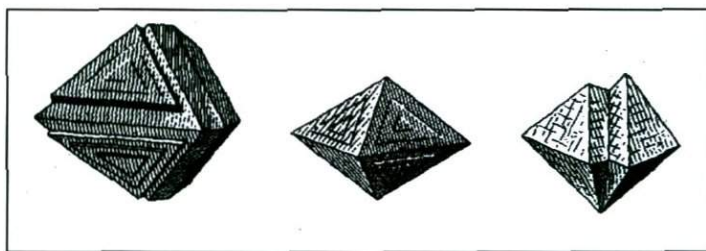
На небольшом удалении от ряда магматогенных месторождений формируются небольшие и бедные элювиальные, склоновые и аллювиальные россыпи, а в зоне окисления контактово-магнетитовых месторождений – так называемые валунчатые руды (Словарь по геол. россыпей, 1985).

Наибольшее значение имеют прибрежно-морские россыпи магнетита (острова Тихого океана; пляжи, высокие береговые террасы и подводный шельф Японии; Тайвань, Новые Гебриды), а также комплексные прибрежно-морские россыпи со значительным содержанием в них магнетита (Индия, США, Коста-Рика, Курильские острова, побережья Черного и Балтийского морей).

Пляжевые, террасовые и шельфовые россыпи Японии довольно крупные и богатые. Здесь, в заливе Ариаке, из пляжевых песков было извлечено около 40 млн. тонн обогатимой железной руды, содержащей 56% железа, 12% окислов титана и 0,26% фосфора (Меро, 1969).



*a*



*b*

*Рис. 76. Кристаллы магнетита: а – х20мм, Честер, США (Корбел, Новак, 2004); б – из гранита (Ляхович, 1968)*

### §3. Титаномагнетит

**Титаномагнетит** представляет собой разновидность магнетита, содержащего  $TiO_2$  (от нескольких процентов до 30%) и нередко примесь  $V_2O_5$ . Используется в качестве руды железа и титана.

Титаномагнетит отличается довольно высокой стойкостью и абразивной устойчивостью, сравнительно большим удельным весом ( $5-5,6г/см^3$ ), поэтому способен концентрироваться в прибрежно-морской зоне в условиях высокой гидродинамической обстановки.

Основным источником титаномагнетита в россыпях являются габброиды, вулканогенные (андезиты, базальты, дациты) и пирокластические породы. При отсутствии глубокого химического выветривания вышеуказанных пород титаномагнетит формирует богатые россыпи совместно с ильменитом и магнетитом. Обычно вблизи коренных источников образуются небольшие по размерам и бедные по содержанию склоновые и аллювиальные россыпи этих минералов.

Титаномагнетит формирует самостоятельные промышленные россыпи, которые относятся в основном к группе прибрежно-морских. В таких россыпях главным и практически единственным минералом, имеющим промышленное значение, является титаномагнетит, представляющий собой комплексное сырье на железо и титан, а также на ванадий. В прибрежно-морских россыпях титаномагнетитовые концентраты содержат 57-58% оксидов железа, 10-15% - диоксида титана, 0,2-0,5% - пентаоксида ванадия. Современные технологии позволяют получать из этих концентратов только железо и ванадий.

Наиболее крупные и хорошо изученные россыпи титаномагнетита ("железистых песков") расположены в Новой Зеландии (Уонгануи, Мокау и др.). Примерно 98% их потенциальных запасов содержится в отмелях и дюнах западного побережья Северного острова на участке Уонгануи-Мурирэй. По отдельным месторождениям запасы руды составляют более 200-250млн.т при среднем содержании до 70% титаномагнетита.

Менее богатые россыпи титаномагнетита (23-60% оксидов железа и 10-12% диоксида титана) имеются в Японии на побережье о-вов Хонсю (месторождения Ома, Чикагава, Набари, Сампо и др.), Хоккайдо (район Саппоро), Кюсю (Фукуоко). Здесь разрабатываются пляжевые пески и пески подводного берегового склона.

Большая группа месторождений титаномагнетита известна в Индонезии на побережьях островов Ява (Силакеп, Джокьякарта и др.), Южный Флорес, Бали, Суматра, а также в Океании (Гибриды, Соломоновы о-ва и др.). Крупнейшие россыпи титаномагнетита есть на Филиппинах, а мелкие – на островах Минданао, Палаван, Награс и Лейте.

Отработка титаномагнетитовых россыпей производится близ Лос-Анжелеса (периодически возобновляется в связи с добычей золота), в пределах Алеутской дуги на о-ве Кадьяк. Небольшие россыпи известны на островах Карибского моря, в Африке – у берегов Марокко и в Мозамбике, в Европе – у берегов Португалии, Италии, Болгарии (Россыпные месторождения..., 1997).

Более 20 прибрежно-морских россыпей титаномагнетитовых песков известны в пределах Большой Курильской дуги (концентрация минерала отмечается в пляжевых и дюнных песках).

Титаномагнетитовые россыпи имеются также на аккумулятивных участках берегов восточного и западного побережий Камчатки.

Железистые прибрежно-морские россыпи с содержанием магнетита и титаномагнетита около 4% имеются на Колхидском побережье и шельфе Черного моря на участке от устья р.Супса до г.Кобулет.

## §4. Хромит

**Хромит (хромшпинелиды)** (от греч. “хрома” - цвет) – минералы, представляющие собой сложные оксиды группы шпинели, членами изоморфного ряда которых являются хромит ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) – магнезиохромит ( $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ ). Состав хромшпинелидов непостоянный, содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  обычно составляет 65%. В хромите и мангохромите содержится 5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а в хромпикотите – 30%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В качестве примесей присутствуют также Mn, Zn, Co, Ni, Ti, V. Все разновидности хромшпинелидов очень похожи друг на друга по внешнему виду. Отличить их можно лишь по результатам химического анализа.

Цвет черный, блеск металлический, черта бурая.

Удельный вес 4,2-5,1г/см<sup>3</sup>; твердость 5,5-7,5 (возрастает с увеличением содержания Mg и Al). Руда хрома. Довольно устойчивы в гипергенных условиях и при транспортировке.

Встречается в форме октаэдрических кристаллов, зернистых и сплошных масс (рис. 77).

По происхождению хромит магматический вместе с магнетитом, уваровитом и другими минералами. Высвобождается при разрушении ультраосновных и основных пород габбро-перидотитовых формаций. Крупные месторождения хромитов есть в Турции, Зимбабве, ЮАР, на Кубе и Филиппинах.

В Армении месторождения хромита расположены среди массивов дунита и перидотита верхнеэоценового возраста в виде небольших по размерам гнезд, жилообразных тел или участков вкрапленного оруденения в Севано-Амасийской структурно-металлогенетической зоне, которая в виде узкой полосы гипербазитовых интрузий протягивается вдоль северо-восточного побережья озера Севан и далее на запад с перерывами в Степанаванском и Амасийском районах вплоть до границы с Турцией. Все месторождения хромита в Армении относятся к собственно магматическому типу. Выделяется несколько групп месторождений: Шоржинская, Джильская, Бабаджанская, Даранакская (Даринская), Джанахмедская, Инагдагская, а также Агбабинская группа проявлений хромита (Арутюнян, Пилоян, 1967).

Распространенность хромшпинелидов ограничена районами развития базит--ультрабазитовых пород. Здесь хромшпинелиды составляют основную часть шлихов (например, в россыпях платиновых металлов). Состав хромшпинелидов в россыпях меняется в зависимости от типа коренного источника. Это может определять потенциальную ценность россыпей как источника получения металлургического сырья или огнеупоров.

Хромшпинелиды образуют россыпи ближнего сноса (элювиальные, склоновые, ложковые, аллювиальные, бенчевые), а также комплексные прибрежно-морские россыпи. Хромитовые россыпи содержат всего 0,1% мировых запасов хрома, однако в ряде стран они представляют собой объекты промышленного значения. За весь XX век из россыпей было добыто около 2,6млн. т хромсодержащих песков (или 1,3% мировой добычи хрома в пересчете на  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) (Россыпные месторождения..., 1997).

Элювиальные россыпи представлены остаточными корами латеритного выветривания (юг Африки, Куба, Филиппины). Наиболее богатой является

россыпь Великой Дайки (Зимбабве) площадью более 77км<sup>2</sup>, с запасами 55млн. т при содержании Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15% и средней мощности пласта 0,45м.

На Среднем Урале есть несколько небольших элювиально-склоновых валунных россыпей.

В Японии на о-ве Хоккайдо известны русловые и террасовые хромитовые россыпи в долинах рек, дренирующих хромитоносные гипербазитовые массивы.

Богатые прибрежно-морские хромитовые россыпи известны и разрабатываются на пляжах Японии, Албании, Тихоокеанском побережье США, Филиппин, Индонезии, на восточном побережье Сахалина и на Камчатке. "Черные пески" пляжей штата Орегон (США) содержат до 53% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В дельтах Нила, Нигера и Замбези имеются подводные дельтовые хромитовые россыпи (Словарь по геол. россыпей, 1985; Россыпные месторождения.... 1997 и др.).

В титановых россыпях хромит, как и все хромшпинелиды, является вредной примесью.

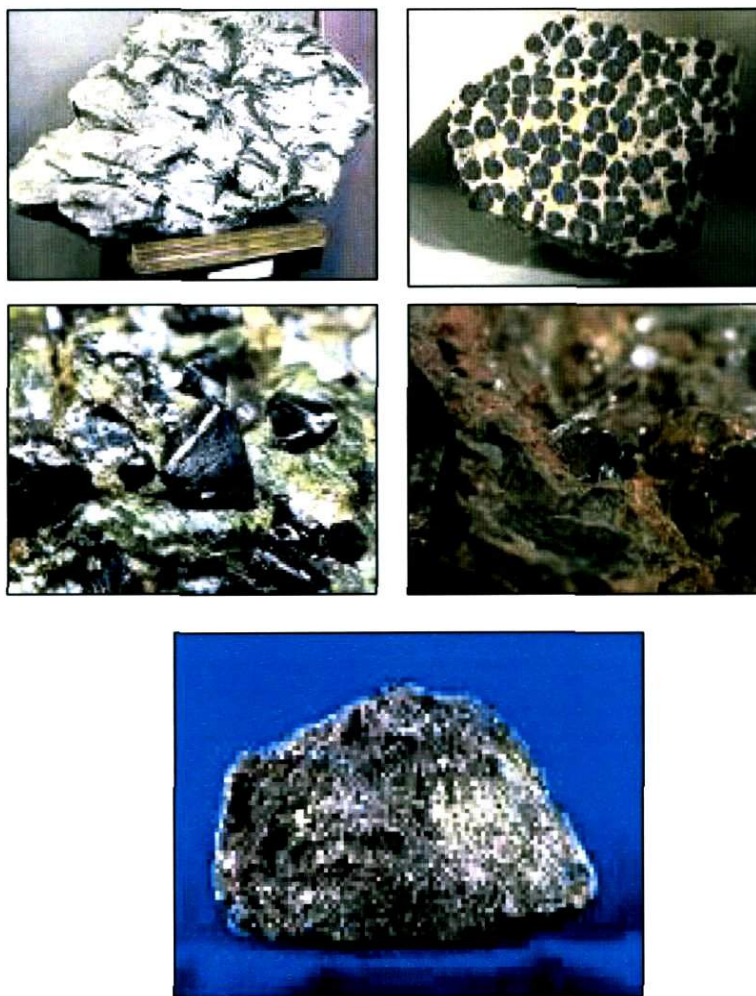


Рис. 77. Формы встречаемости хромита (фото из Интернета)

## Глава седьмая

### ПРОЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ МИНЕРАЛЫ И ИХ ВСТРЕЧАЕМОСТЬ В РОССЫПЯХ

В настоящей главе рассматривается ряд минералов (киноварь, силлиманит, андалузит, ставролит, дистен, шпинель, турмалин, пирит, арсенопирит, гематит, апатит, уранинит, торит), которые хотя и распространены довольно широко в россыпях (особенно в комплексных), но не образуют самостоятельных россыпей промышленного значения (за исключением киновари). Как правило, они могут формировать лишь бедные по содержанию россыпи ближнего сноса. Однако они представляют значительный интерес в качестве ювелирных и поделочных камней, индикаторов при поисках других минералов и определений величины среза рудных тел, а также в качестве руд различных элементов. Поэтому автор считает, что читателям будет интересно познакомиться с особенностями вышеперечисленных минералов, их распространением и встречаемостью в россыпях.

#### §1. Киноварь

**Киноварь** (греч. “киннабари”, инд. – кровь дракона) – минерал состава  $HgS$  (сульфид ртути). Цвет красный до коричнево-красного, блеск алмазный. Удельный вес  $8,1-8,2\text{г/см}^3$ ; твердость 2-2,5. Химически устойчивый минерал, но отличается хрупкостью.

Встречается в виде ромбоэдрических, толстотаблитчатых и призматических кристаллов, сплошных масс, а в россыпях – в виде кристаллов, их обломков, мелких слабо- и угловато-окатанных зерен, реже окатанных галек, мелкозернистых агрегатов (рис. 78).

Кристаллы размером до 70мм встречаются в Китае (провинции Хунань и Гуйчжоу). Сверкающие кристаллы до 10мм были найдены в Никитовке (Украина) и Хайдаркане (Киргизия), а кристаллы до 30мм – в Монте-Амиата и Риппе около Серравеццы (Италия). Сплошные массы киновари добывают в качестве руды ртути в Алшаре (Македония), Альмадене (Испания) и в других районах (Корбел, Новак, 2004).

Киноварь по происхождению относится к низкотемпературным гидротермальным минералам в ассоциации с реальгаром, ртутью, пиритом, марказитом. Является важнейшей рудой ртути.

Месторождения киновари известны в Индии, Испании, Италии, Германии, Средней Азии, на Кавказе.

В Армении небольшие месторождения и проявления киновари есть в бассейнах оз.Севан и р.Марцигет, в Вединском и Шамшадинском районах (Пиджян, 1967):

- *Кясаманское проявление ртути* - ртутное оруденение приурочено к заохренным, раздробленным, сильно окварцованным кварц-карбонатным породам типа лиственитов; мощность оруденелой зоны составляет

4-5м; киноварь образует примазки, мелкую вкрапленность, гнездышки и прожилки среди заохренной породы;

- *Буратапинское проявление ртути* - ртутное оруденение приурочено к кварц-карбонатным породам (лиственитам), которые образовались в результате сильного изменения, раздробления, окварцования, заохрения известняков; представлено тонкими прожилками, примазками, налетами, изредка вкрапленниками киновари;
- *Джанахмедское проявление ртути* - в ущелье р.Агехуши в шлихах отмечается наличие значительного количества киновари; встречаются хорошо окатанные гальки киновари размером до 1см в поперечнике;
- *Ртутные проявления бассейна р.Марцигет* (Бабаджан) – киноварь встречается в шлихах и есть небольшие коренные проявления;
- *Хосровское проявление* – в бассейне р.Веди;
- *Сарнахюрское проявление* – Шамшадинский район, бассейн р.Тавуш.

Киноварь встречается в россыпях довольно часто, но промышленного содержания ее концентрации достигают лишь в элювиальных, склоновых, ложковых и верхних частях аллювиальных россыпей, т.к. из-за своей малой твердости и хрупкости быстро разрушается и рассеивается уже на расстоянии 1,5-2км от коренного источника. Интерес представляют также золотоносные россыпи с киноварью, в которых последняя является попутным минералом.

Известны остаточные россыпи киновари, приуроченные к “красным глинам” (образованиям коры выветривания латеритного типа), а также ее богатые скопления в карстовых воронках и полостях (это – смешанные элювиально-делювиально-карстовые скопления). В умеренных и высоких широтах элювиально-склоновые россыпи киновари приурочены к грубообломочным развалам на склонах и междуречьях (Чукотка).

Ложковые и аллювиальные россыпи киновари могут достигать больших масштабов. Известны плейстоцен-голоценовые аллювиальные россыпи месторождения Нью-Альмаден (Северная Америка) и на Северо-Востоке России.

Содержание киновари в ложково-аллювиальных россыпях составляет 0,5-5кг/м<sup>3</sup>, мощность промышленного пласта – 0,2-3м, протяженность россыпи – 1,5-2км (Россыпные месторождения..., 1997).

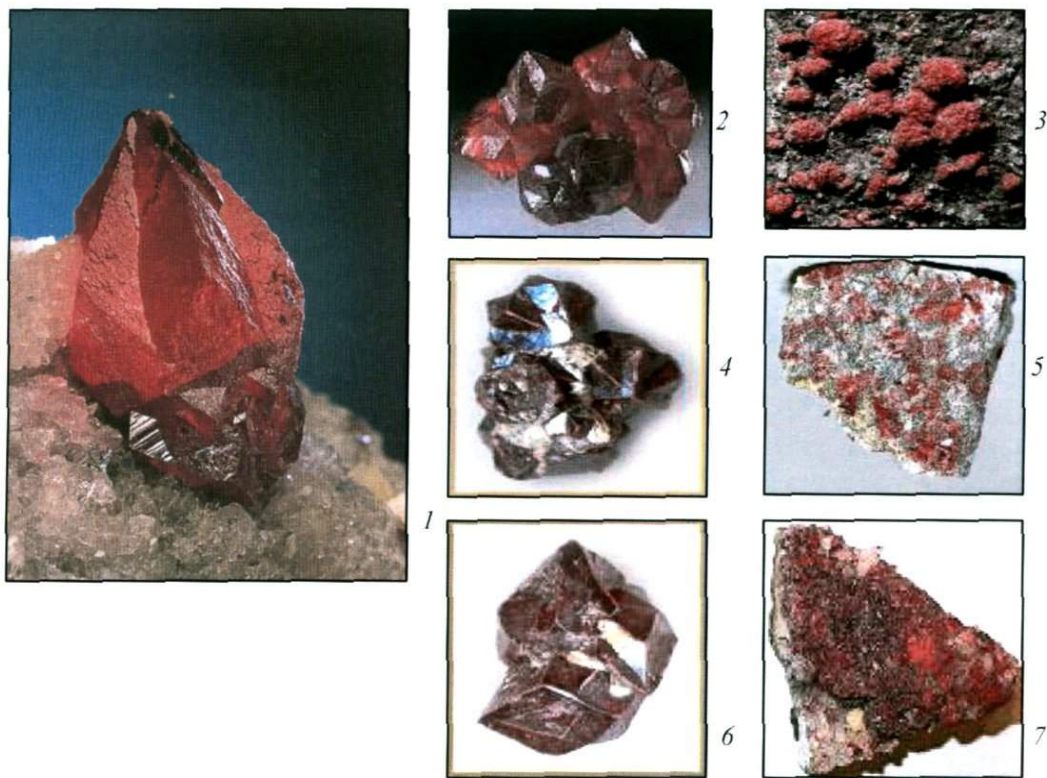


Рис. 78. Формы встречаемости киновари: 1-4 – кристаллы киновари: 1 - х3мм, Хунань, Китай (Корбел, Новак, 2004); 2-4 – фото из Интернета; 5-7 – сплошные массы киновари (фото из Интернета)

## §2. Силлиманит

**Силлиманит** (назван в честь американского минералога В.Силлимана) – минерал состава  $Al_2SiO_5$  (силикат алюминия).

Обычно бесцветный и прозрачный, иногда зеленоватый, желтоватый, синий, буроватый и серый (от механических включений). Агрегатные частицы имеют молочно-белую окраску. Блеск стеклянный, излом раковистый.

Удельный вес  $3,3г/см^3$ ; твердость 6,5-7,5. Хрупок, раздавливается средне.

Химически устойчивый минерал. На него не действуют кислоты, даже HF.

Сходен с дистеном, тремолитом, волластонитом, клиноцоизитом. Отличается прямым угасанием и высоким светопреломлением. При скрещенных николях имеет высокую интерференционную окраску.

Встречается в виде обломков шестоватых и длиннопризматических (до игольчатых) кристаллов с резкой штриховкой на гранях; неправильных угловатых зерен; частиц агрегатного волокнистого сложения (фибролит); изредка в виде хорошо окатанных округлых или удлинено-округлых зерен (рис.79).

Кристаллы ювелирного качества густо-синего цвета и размером до 20 мм известны в Шри-Ланке. В месторождениях Кении встречаются бесцветные или голубоватые кристаллы.

Силлиманит относится к типичным породообразующим минералам. Используется в ювелирном деле, в промышленности огнеупоров и для получения силимина (сплава с Al).

По происхождению почти всегда метаморфический в гнейсах и мигматитах. Очень часто встречается в ассоциации с андалузитом. Классическими месторождениями силлиманита являются Боденмайс (Германия) и Маршиков (Чехия).

В районах распространения кристаллических сланцев и гнейсов силлиманит встречается в шлихах в значительных количествах, однако накапливается в основном в прибрежно-морских комплексных титано-циркониевых россыпях совместно с ильменитом, цирконом, монацитом, дистеном, хотя и не образует промышленных содержаний, являясь лишь попутным компонентом вышеназванных россыпей. В сумме с дистеном содержание силлиманита в россыпях достигает 20кг/т. Обычно он извлекается из россыпей в коллективный дистен-силлиманитовый концентрат.



Рис. 79. Формы встречаемости силлиманита (фото из Интернета)

### §3. Андалузит

**Андалузит** (по Андалузии в Испании) - минерал состава  $Al_2SiO_5$  (силикат алюминия). Синоним – *апир*. Имеет разновидности: *виридин*, *хаистолит* или *крестовик*.

Цвет белый, серый, розовый, мясо-красный, оливково-зеленый; редко бесцветный. Прозрачные разновидности обнаруживают плеохроизм.

Удельный вес 3,16-3,20 г/см<sup>3</sup>; твердость 7-7,5. Блеск стеклянный. Химически устойчив, на него не действуют кислоты, даже HF.

Встречается в виде призматических кристаллов. Относится к контактово-метаморфическим минералам, распространен в глинистых сланцах, реже гнейсах и вулканических породах. Обычно добывается из россыпей в Шри-Ланке, Индии, Бразилии, Танзании. Крупное коренное месторождение андалузита известно в Калифорнии (США), а в Бразилии (штат Байя) добывают *виридин* – поделочную разновидность андалузита (Куликов, Буканов, 1988).

Андалузит применяется в промышленности огнеупоров и в качестве сырья для получения силумина (сплава с Al). Прозрачные кристаллы с приятной окраской и характерной крестовидной фигурой в поперечном сечении используются в ювелирном деле.

### §4. Ставролит

**Ставролит** (греч. “ставрос”, - крест и “литос” - камень) - минерал состава  $FeAl_4[SiO_4]_2O_2(OH)_2$ , силикат алюминия и железа. Синоним – *крестовый камень*.

Цвет серый, красно-бурый, темно-бурый до черного. Обычно непрозрачен, иногда просвечивает. В порошке бледный желтоватый.

Удельный вес 3,65-3,77 г/см<sup>3</sup>; твердость 7-7,5. Блеск стеклянный, в окатанных зернах иногда жирный. Излом неровный, мелкокорякостый. Хрупок, раздавливается с трудом. В кислотах, в том числе HF, не растворяется, но после долгого воздействия соляной кислотой (HCl) обесцвечивается.

Встречается в виде коротких и толстых призм, крестообразных двойников. Грани кристаллов обычно неровные, шероховатые, изъеденные. В россыпях распространены угловато окатанные, остроугольные, реже хорошо окатанные зерна. Характерна неровная мелкоямчатая или шагреневая поверхность обломочных зерен (Геологический словарь, т. 2, 1960; Куликов, Буканов, 1988; Ляхович, 1968) (рис.80).

По цвету в неправильных зернах сходен с:

- коричнево-бурым андрацитом – часто;
- монацитом и гортонолитом – иногда;
- ортитом, клиноцоизитом, турмалином (дравитом) – редко.

Отличается от всех вышеназванных минералов тем, что в жидкости с  $n=1,740$  характерна потеря рельефа зерен и появление дисперсионного эффекта, особенно при косом освещении.

Ставролит по происхождению относится к метаморфическим сланцам и гнейсам, в которых образуется при средней температуре и очень высоком давлении совместно с мусковитом, биотитом, дистеном, гранатом и рутилом. Нередкий минерал, широко распространен во многих районах Земли (Геол. словарь, 1960, т. 2).

Самостоятельных россыпей не образует.

Красиво окрашенные кристаллы и зерна используются в ювелирном деле.



Рис. 80. Формы встречаемости ставролита (фото из Интернета)

## §5. Дистен

**Дистен** (греч. “ди” в начале сложных слов – дважды; “стенос” - сила) – минерал состава  $Al_2SiO_4$ . Самый плотный из трех силикатов одинакового состава (андалузита и силлиманита). Синоним – *кианит* (греч. “кианос” - синий).

Цвет голубой, синий, иногда зеленый, желтый, реже безцветный. Голубая и синяя окраска часто распределяется пятнисто. Вдоль трещинок спайности и отдельности зерна дистена иногда окрашены гидроокислами железа в желтовато-коричневый или грязно-бурый цвет.

Разновидности, окрашенные в голубой или синий цвет в толстых зернах иногда заметно полихлорируют.

Удельный вес 3,56-3,67г/см<sup>3</sup>; твердость резко различна на разных гранях по разным направлениям и меняется в пределах 5,5-7. Блеск стеклянный. Раздавливается средне или легко, давая шестоватые спайные выколки с ровными поверхностями.

Самый устойчивый минерал из трех силикатов алюминия. На него не действуют кислоты, в том числе и HF.

Смоченный  $Co(NO_3)_2$  и прокаленный дистен приобретает интенсивную синюю окраску.

Встречается в виде крупнокристаллических и лучистых, иногда плотных спутанноволокнистых агрегатов, а также досковидных кристаллов. В россыпях дистен представлен угловатыми или в различной степени окатанными и обычно уплощенными зернами, редко – обломками кристаллов.

В угловатых осколках по внешнему виду сходен с цоизитом и силлиманитом, а в окатанных зернах – с апатитом и баритом. Отличается по оптическим свойствам.

Дистен образуется в метаморфических кристаллических сланцах в условиях высоких давлений, а по температуре образования является средним между силлиманитом и андалузитом.

Весьма устойчив к выветриванию, хорошо сохраняется в процессе транспортировки и переотложения, поэтому может накапливаться в прибрежно-морских россыпях вместе с ильменитом, монацитом, цирконом, силлиманитом и другими минералами комплексных титано-циркониевых россыпей, являясь их попутным минералом. Самостоятельных россыпей дистен не образует, но в вышеназванных комплексных россыпях его содержание вместе с силлиманитом может в отдельных случаях достигать 10-20 кг/м<sup>3</sup>.

Как и два других силиката алюминия применяется в промышленности огнеупоров и для получения силумина (сплава с Al).

В XVIII-XIX вв. дистен использовался в России в качестве недорогого ювелирного камня, а в наши дни он с теми же целями применяется в зарубежных странах. Ювелирный дистен найден в Индии, Мьянме, Кении, США, Швейцарии, а в Танзании известны его изумрудно-зеленые кристаллы с плеохроизмом, пригодные для огранки (Куликов, Буканов, 1988).

## §6. Шпинель

**Шпинель** (немец. Spinell, греч. “спинтэс” – искра, латин. “шпинус” – терн, т.к. окраска некоторых его разновидностей похожа на цвет ягод терновника) – минерал состава MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, оксид магния и алюминия. Синонимы: *акерит, балаи, лал*.

Цвет разнообразный – желтый, оранжевый, розовый, красный, фиолетовый, синий, голубой, зеленый, черный, бесцветный; окраска связана с примесями:

- красная и розовая – хрома;
- синяя, зеленая, бурая – железа;
- фиолетовая, красно-бурая – хрома и железа;

По цвету различаются ювелирные разновидности шпинели:

- *рубиновая шпинель* – кроваво-красная;
- *балэ-рубин* – розово-красная;
- *альмандиновая шпинель* – фиолетово-красная;
- *рубинчик* – оранжево-красная, желтая;
- *сапфировая шпинель, ганошпинель* – синяя, голубая;
- *хлорошпинель* – ярко-зеленая;
- *плеонаст, цейлонит* – темно-зеленая, черная (Куликов, Буканов, 1988).

Удельный вес 3,6-4,1 г/см<sup>3</sup>; твердость 7,5-8; блеск стеклянный. Весьма устойчив по отношению к кислотам.

Встречается в виде октаэдрических изометричных кристаллов, неправильных зерен и сплошных масс (рис. 81).

Синие кристаллы шпинели встречаются в США, Канаде; розовые и красные кристаллы – в Шри-Ланке, Мьянме, Таджикистане. Крупные кристаллы весом до 14кг находили в Амити (Нью-Йорк), Гарце (ФРГ), на вулкане Везувий, а кристалл плеонаста размером 150мм был найден в Алданском массиве (Якутия) (Корбел, Новак, 2004).

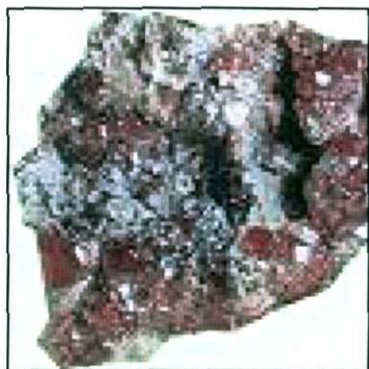
Шпинель относится к метаморфическим минералам, встречается в кристаллических сланцах и гнейсах, в контактовых роговиках, скарнах и других метасоматитах; в основных, реже – в кислых породах.

Шпинель устойчива в зоне гипергенеза и накапливается в россыпях, в основном в комплексных россыпях ювелирных камней вместе с сапфиром, хризобериллом, акваарином, топазом, цветным турмалином, гранатами, корундом, силлиманитом и другими минералами. Самостоятельных россыпей не образует, хотя основным источником ее добычи являются россыпи, образующиеся за счет шпинеленосных магнезиальных скарнов, в которых шпинель часто сопутствует рубину (Словарь по геол. россыпей, 1985).

В качестве драгоценного камня шпинель была известна еще с древних времен – тогда ее ярко-красные разновидности принимались за рубин (например, камни английской королевской короны – “рубин Черного принца” и “рубин Тимура” на самом деле являются шпинелью). Ярко-красная шпинель массой 398,7 карата венчает российскую императорскую корону (ее изготовили в 1762г). Ювелирную шпинель на мировой рынок поставляют Мьянма, Шри-Ланка (здесь известны шпинели с александритовым эффектом), Камбоджа, Таиланд, Индия, Австралия, Бразилия, Мадагаскар. Два вида ювелирной шпинели – балэ-рубин и альмандиновая известны на Памире, где в 1986г. был добыт кристалл розовой шпинели массой 5,1кг (Куликов, Буканов, 1988).



*a*



*б*

*Рис. 81. Формы встречаемости шпинели: а – Памир, 1:2 (Самсонов, Туринге, 1984); б – кристаллы и сплошные массы шпинели (фото из Интернета)*

## §7. Турмалин

**Турмалин** (от сингальского “turmalī” – притягивающий пепел) – общее название группы минералов, алюмоборосиликатов сложного состава, принадлежащих к нескольким изоморфным рядам. В россыпях наиболее распространены магнезиально-железистые минералы этой группы. Крайними членами их ряда являются *шерл* –  $\text{NaFe}_3\text{Al}_6[(\text{OH})_{1-3}/(\text{BO}_3)_3/\text{Si}_6\text{O}_{18}]$  и *дравит* –  $\text{NaMg}_3\text{Al}_6[(\text{OH})_{1-3}/(\text{BO}_3)_3/\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

Цвет крайне разнообразный и сильно зависит от даже незначительных колебаний в содержаниях элементов-хромофоров. Марганец обуславливает красную и розовую окраску, железо или хром – зеленую, железо-синюю и черную.

Разновидности минерала имеют свои названия:

- *дравит* – магнезиальный турмалин; удельный вес  $3,0\text{г}/\text{см}^3$ , твердость 7-7,5; известен в россыпях;
- *шерл* – железистый турмалин черного цвета, удельный вес  $3,3\text{г}/\text{см}^3$ , твердость 7-7,5; известен в россыпях;
- *эльбаит* – литиевый турмалин; удельный вес  $3,0\text{г}/\text{см}^3$ , твердость 7; известен в россыпях;
- *тсилаизит* – марганцовистый турмалин;
- *увит* – кальциево-магнезиальный турмалин;
- *апирит* или *рубеллит* – розовый, красный, малиновый турмалин;
- *ахроит* – бесцветный;
- *индиголит* – синий, синевато-черный;
- *верделит* – зеленый;
- *хамелеонит* – оливково-зеленый при дневном освещении и буровато-красный при искусственном и др. (Куликов, Буканов, 1988).

Блеск стеклянный. Кислотами не разлагается.

Встречается в виде столбчатых, призматических, шестоватых, игольчатых кристаллов и радиально-лучистых агрегатов, а в россыпях – в виде обломков призматических кристаллов, неправильных, остроугольных и угловато-окатанных зерен; в россыпях длительного переноса и переотложения, а также образовавшихся за счет размыва древних кластогенных пород, встречаются совершенно окатанные зерна турмалина эллипсоидальной формы с блестящей поверхностью (рис. 82).

Кристаллы турмалина имеют размеры от нескольких сантиметров до десятков сантиметров в длину и от нескольких миллиметров до 6-10см в поперечнике. Наиболее крупные кристаллы ювелирного красного и зеленого турмалина, добытые на территории бывшего СССР, имели размеры в 20x8см, а в месторождениях Бразилии – до 145x30см. В коях Борщовочного кряжа в Забайкалье найдена великолепная друза ювелирного розового турмалина массой 4,8кг (Куликов, Буканов, 1988).

Турмалин является обычным минералом пегматитов, автометасоматическим в гранитах, очень часто встречается в метаморфических породах, кварцевых жилах, в тяжелой фракции осадочных пород.

Месторождения турмалина известны в США, Бразилии, Мозамбике, Мьянме, Индии, Шри-Ланке и других странах. Оранжево-золотистые турмалины

добываются в Кении; красные – в Замбии; бледно-розовые и бледно-зеленые, синие и полихромные – в Афганистане; прозрачные, окрашенные в различные оттенки зеленого, желтого, красного, темно-синего, фиолетового и коричневого цвета – на Мадагаскаре. Месторождения турмалина на территории бывшего СССР были почти полностью выработаны еще в XIXв., однако к 80м годам XXв. новые месторождения минерала были выявлены в Забайкалье и на Памире.

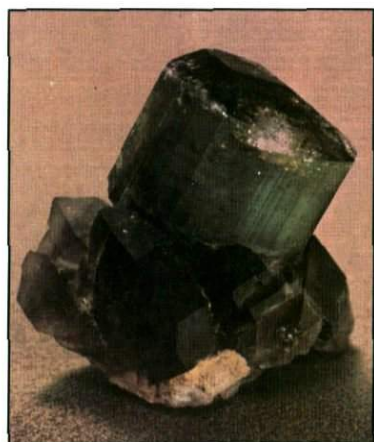
Турмалин, являясь весьма устойчивым минералом, имеющим высокую миграционную способность, накапливается в россыпях от элювиальных до прибрежно-морских, концентрируясь при этом в тяжелой электромагнитной фракции шлиха.

Основная масса турмалина поступает в россыпи при размыве кислых гранитоидов и сопровождающих их пневматолитовых, гидротермальных и контактово-метаморфических образований. В элювиальных, склоновых и в верхних частях аллювиальных россыпей турмалин является типоморфным минералом – спутником касситерита, вольфрамитов, иногда тантало-ниобатов. В россыпях дальнего переноса – аллювиальных (в средних и нижних частях речных долин) и прибрежно-морских турмалин входит уже в ассоциацию с цирконом, рутилом, корундом, ильменитом. Благородный турмалин является полезным компонентом комплексных россыпей ювелирных (драгоценных) камней, в которых встречается в ассоциации с аквамарин, рубином, александритом, топазом (Шри-Ланка, Бразилия), а также некоторых комплексных редкометалльных россыпей (в последних турмалин встречается вместе с бериллом и тантало-ниобатами - Мозамбик) (Словарь по геол. россыпей, 1985). Однако самостоятельных россыпей, тем более промышленного значения, турмалин не образует.

Красивые чистые турмалины (обычно из пегматитов) используются в качестве драгоценных камней, а также для пьезопрепаратов и поляризационных щипцов.

Как драгоценный камень турмалин был известен в Европе и России еще в XVIв., т.е. задолго до того, когда в 1703г. голландские купцы завезли его вместе с другими ценными камнями из россыпей Цейлона (ныне Шри-Ланка).

Ювелирные турмалины встречаются сравнительно редко. Среди них наиболее ценными считаются турмалины с красной окраской различных оттенков. Красные, зеленые и полихромные турмалины поступали в Европу в средние века с Востока (Индии, Мьянмы, Шри-Ланки и Бадахшана).



6

Рис. 82. Кристаллы и зерна турмалина: а – (Самсонов, Туринге, 1984);  
б – (Куликов, Буканов, 1988); в – фото из Интернета

## §8. Пирит

**Пирит** (греч. “пир”- огонь; назван так за свойство при ударе давать искры) – минерал состава  $\text{FeS}_2$  (сульфид железа). *Синонимы: алмаз альпийский, камень шков, серный колчедан, железный колчедан.* Является одним из самых распространенных сульфидов земной коры.

Цвет латунно-желтый, дает радужную побежалость и темнеет, в порошке черный с зеленоватым оттенком. Блеск металлический.

Удельный вес  $5,0\text{г/см}^3$ ; твердость 6-6,5.

Спайность отсутствует, излом раковистый или неровный. Хрупок, раздавливается с трудом. Встречается в виде кристаллов кубической сингонии, обломков кристаллов, остроугольных неправильных и частично окатанных зерен; бороздчатых, сталактитоподобных и сферических агрегатов и сплошных масс (рис. 83).

При нагревании растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выделением порошковатой серы.

В мелких неправильных зернах сходен с халькопиритом, кобальтином, марказитом. От первых двух отличается отрицательной реакцией на  $\text{Cu}$  и  $\text{Co}$ , от марказита отличается с трудом. Иногда сходен с пирротинном (последний магнитен).

Генезис пирита – магматический, гидротермальный, гидротермально-осадочный, осадочный и метаморфический.

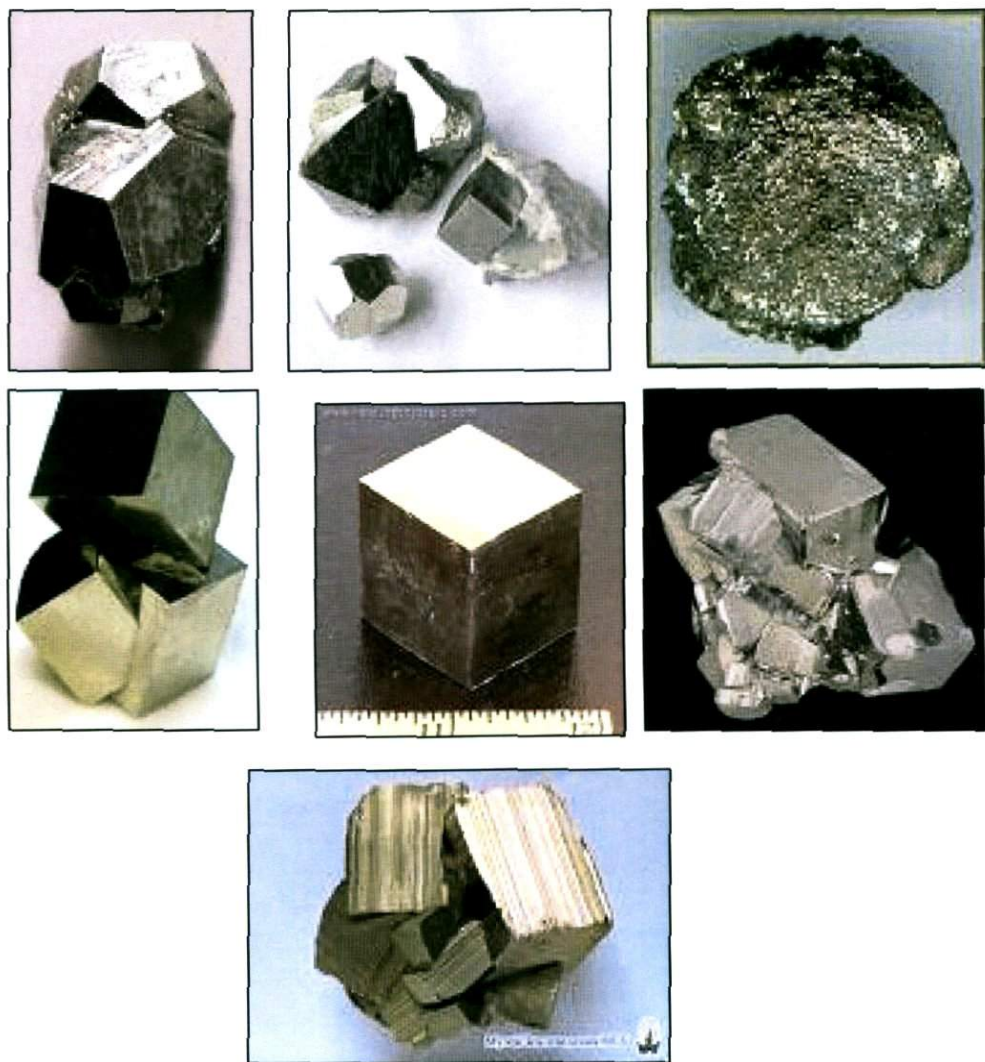
Самое крупное месторождение пирита – Рио-Тинто (Испания). Здесь мелкозернистый пирит образует залежи примерно в 1млрд.тонн. Месторождения пирита известны на Урале, в Средней Азии, ФРГ (Гарц), Албании и других районах земного шара.

Пирит является широко распространенным типоморфным минералом ряда золотых, оловянных, вольфрамовых и других россыпей ближнего сноса (элювиальных, склоновых, ложковых). Он может служить индикатором определения местоположения коренного источника, его формационного и минерального типов, уровня среза и россыпеобразующих возможностей. Самостоятельных россыпей не образует.

Кристаллы и зерна пирита, находимые в россыпях, часто затронуты процессами окисления и покрыты с поверхности бурыми и грязно-бурими корочками лимонита. Иногда пирит сохраняется лишь внутри таких псевдоморфоз, при этом оказывается частично окисленным. Такие зерна часто проходят в электромагнитную фракцию шлиха.

Пирит с древности использовался для изготовления украшений. Использовался в цивилизациях Древнего Египта и доколумбовой Центральной Америки.

Разрабатывается из-за примеси сульфидов меди и цинка, а также для производства серной кислоты.



*Рис. 83. Формы встречаемости пирита (фото из Интернета)*

## §9. Арсенопирит

**Арсенопирит** (мышьяковый колчедан) – минерал состава  $\text{FeAsS}$ . Цвет оловянно-белый, серебристо-белый до стально-серого.

Удельный вес  $5,9-6,2\text{г/см}^3$ ; твердость  $5,5-6$ . Хрупкий. Блеск металлический, непрозрачен.

Встречается в виде кристаллов, их обломков, кристаллических сростков и неправильных зерен (рис. 84).

Связан с гранитоидами и сопровождающими их метасоматическими и гидротермальными месторождениями высоких и средних температур.

Относится к достаточно распространенным минералам россыпей ближнего сноса (элювиальным, склоновым, ложковым).

Арсенопирит сравнительно быстро окисляется с образованием скородита и лимонита, поэтому встречается в основном в молодых россыпях, прилегающих к коренным его источникам.

Арсенопирит представляет собой основную руду для получения мышьяка.



Рис. 84. Формы встречаемости арсенопирита (фото из Интернета)

## §10. Гематит

**Гематит** (греч. «гэма», «эма» - кровь; минерал якобы останавливающий кровь) – оксид железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Синонимы: *алмаз аляскинский черный, алмаз черный, кровавик*.

В древности назывался преимущественно «кровавиком» по цвету порошка и считался целебным при ранениях, кровотечениях, воспалениях и вспышках гнева.

В зависимости от агрегатного строения и частично от состава минерала выделяют две разновидности гематита:

- янокристаллическую – *железный блеск*;
- скрытокристаллическую – *красный железняк*.

Цвет от светлого стального-серого до темно-серого и черного; у плотных разновидностей – железо-черный, красновато-бурый; у землистых разновидностей – темно-красный, в порошке – вишнево-красный.

Удельный вес  $5,3\text{г}/\text{см}^3$ ; твердость – 5,5-6,5. Блеск металлический до полуметаллического, причем «железный блеск» характеризуется сильным металлическим блеском, а «красный железняк» - для плотных частиц слабым металловидным или жирным блеском, для пористых масс и корковидных стяжений - матовым блеском. Оолитовые образования, а также плотные окатанные частицы нередко имеют гладкую глянцевиую поверхность.

Излом неровный, раковистый. Хрупок, раздавливается с трудом.

Все разновидности гематита разлагаются соляной кислотой ( $\text{HCl}$ ), причем «железный блеск» разлагается медленно и лишь при нагревании.

Встречается в виде таблитчатых, ромбоэдрических кристаллов, сплошных и землистых масс, иногда натечных с радиально-лучистым строением, а также в форме почковидных агрегатов (рис. 85).

По происхождению гематит метаморфический, осадочный, гидротермальный. Последний характерен для радиально-волокнистой разновидности гематита («красной стеклянной головы»), который образуется при низкотемпературных гидротермальных процессах в приповерхностных условиях.

Гематит является одной из важнейших руд железа. В настоящее время добывается в ФРГ, Бразилии, странах Африки, у оз.Верхнее (США, Канада), в России (Курская магнитная аномалия), Украине (Кривой Рог), Центральном Казахстане и других районах Земли.

Гематит широко распространен в россыпях, *«особенно в районах развития осадочных железорудных формаций, а также некоторых вулканогенных и вулканогенно-осадочных комплексов, где он может почти нацело слагать электромагнитную фракцию илихов и концентратов россыпей»* (Словарь по геол. россыпей, 1985, с. 23). В россыпи он может поступать также при размыве скарновых и гидротермальных жильных месторождений, гранитов, кислых и средних эффузивов, зон окисления железорудных и сульфидных месторождений. В древних россыпях нередко встречается аутигенный гематит в виде корок, конкреций, стяжений и рыхлых масс.

Из элювиальных россыпей (Курская магнитная аномалия, Шабловское месторождение на Урале) в небольшом количестве добывают ювелирно-

поделочные разновидности гематита (кровавика) и кристаллический гематит в качестве коллекционного материала.

Гематит в виде порошка используется как полировальный материал (крокус), а плотные массы темно-серого или черного цвета (особенно натечные агрегаты) применяются как ювелирный и поделочный материал. В качестве последнего гематит был известен в государствах Двуречья и в Древнем Египте.

Месторождения ювелирного гематита имеются в ФРГ, Англии, России и ряде других стран.



*Рис. 85. Формы встречаемости гематита (фото из Интернета)*

## §11. Апатит

**Апатит** (греч. “апати” – обман, т.к. часто его принимали за другие минералы) – фосфат кальция  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$ . В переменных количествах содержит также Na, Sr, Mn, Fe, Y, Ce, Th, U, TR и др. элементы. Синоним – *аметист саксонский*.

Цвет белый, зеленый, желтый, голубой, бурый, розовый, фиолетовый. По цвету выделяют разновидности: *аспараголит* – желто-зеленый и *мороксит* – зеленовато-голубой.

Прозрачен или просвечивает. Блеск слабый стеклянный или жирный. Излом неровный или раковистый.

Удельный вес 3,0-3,2г/см<sup>3</sup>; твердость 4-5. Хрупок, раздавливается средне.

В кислотах растворим. Подолиты (карбонат – апатит, в нем  $\text{Ca}^{+2}$  заменен  $\text{CaCO}_3$ ) растворяются со вскипанием.

Апатит встречается в виде призматических и игольчатых, очень редко таблитчатых кристаллов, обломков кристаллов, различно окатанных зерен, частиц тонкозернистого или скрытокристаллического сложения (рис. 86).

В окатанных зернах, в неправильных осколках апатит сходен с баритом, ангидритом, топазом, шеелитом, иногда с флюоритом. Отличается по оптическим свойствам и реакцией на фосфор  $[(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4]$  растворить в горячей воде до насыщения и медленно с помешиванием влить в такой же объем концентрированной  $\text{HNO}_3$ . Взаимодействие такой смеси на минерал при наличии  $\text{P}_2\text{O}_5$  более 1,5% дает ярко-желтый осадок.

Апатит является обычным минералом гранитных пегматитов, нередок в метаморфических и метасоматических породах, образует месторождения в щелочных сиенитах и карбонатитах.

Довольно распространенный минерал шлихов и россыпей в разных районах (за исключением россыпей, сформированных за счет длительного переноса и переотложения либо претерпевших глубокое химическое выветривание, т.к. апатит в таких случаях не сохраняется).

В некоторых титановых россыпях, связанных с массивами габброидных пород, апатит является характерным минералом и попутным компонентом. При этом содержание апатита может достигать десятков килограмм на тонну, если такие россыпи представляют собой остаточные образования кор химического выветривания упомянутых выше габброидных пород. Апатит из таких остаточных россыпей характеризуется сравнительно высоким содержанием TR и низким содержанием F и Cl.

Апатит широко распространен в элювиальных, склоновых и озерных редкометалльных россыпях на карбонатитовых массивах. В таких россыпях содержание апатита достигает 70% (или до 30%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) при запасах  $\text{P}_2\text{O}_5$  до нескольких десятков миллионов тонн (например, на месторождении Бингу) (Словарь по геол. россыпей, 1985). Иногда коры выветривания карбонатитовых массивов сильно обогащены апатитом и представляют собой самостоятельные фосфорные месторождения (Араша, Таира и другие в Бразилии).

Прозрачные зеленые и пурпурные кристаллы апатита добывают для ювелирных изделий в Танзании и на Мадагаскаре, желтые – в Мексике, а желто-

зеленый апатитовый кошачий глаз – в Индии, Шри-Ланке. Ювелирные апатиты находят и в других районах мира.

В настоящее время апатит синтезируется и производится в качестве ограночного материала под названием *триллумит*, который имеет зеленый цвет с ярко-желтым оттенком и похож на лучший *хризолит* (прозрачная разновидность оливина).



Рис. 86. Формы встречаемости апатита (фото из Интернета)

## §12. Уранинит

**Уранинит** – минерал состава  $UO_2$ . Обычно часть урана окислена до  $U_3O_8$  (*настуран*). Всегда есть примеси  $ThO_2$ , редких земель иттриевой группы, Fe, Ca, Mg и радиогенного свинца (PbO до 15-20%). Встречается также радиогенный гелий.

Синонимы: *смоляная обманка, урановая смолка, урановая смоляная руда.*

Сильно радиоактивен. Является рудой урана, тория и радия.

По содержанию PbO определяют абсолютный возраст минерала.

Цвет черный, черно-коричневый, черно-серый, зеленовато-черный (*настуран*), в изломе смоляно-черный, в порошке черный или буровато-черный. Блеск от полуметаллического на гранях кристаллов до смолистого в изломе. Обычно совершенно непрозрачен, но иногда просвечивает темно-бурый. Излом неровный до раковистого.

Удельный вес 7,5-10,6г/см<sup>3</sup>; твердость 5-6, у окисленных разновидностей снижается до 4-4,5, а землистые агрегаты имеют твердость 3. Хрупок, раздавливается средне.

Растворяется в HCl и HNO<sub>3</sub>. Солянокислый раствор минерала имеет зеленоватую окраску. От прибавления аммиака он приобретает ярко - желтый цвет.

Встречается в виде кубических кристаллов, почковидных агрегатов, зернистых и сплошных масс; в россыпях – в виде кристаллов, их обломков, неправильных или слабоокатанных зерен, часто покрытых корочками продуктов окисления (рис. 87).

Кристаллы весом до 2,5кг и размером до 100мм известны из Онтарио (Канада). Крупные кристаллы уранинита были найдены также в Испании, Конго, а крупные колломорфные агрегаты – в Чехии и Франции.

В кристаллах уранинит сходен с:

- торианитом – отличается черным цветом порошка, отсутствием двойников прорастания, непрозрачностью, электромагнитностью;
- перовскитом – отличается по цвету порошка и непрозрачностью под микроскопом.

В неправильных зернах за уранинит могут быть приняты ильменит, магнетит и черные тантало-ниобаты.

По происхождению уранинит в основном гидротермальный в рудных жилах, скарнах; магматический в гранитных пегматитах. В названных породах уранинит встречается совместно с Co, Ni, Bi, As. Распространен в осадочных породах и в россыпях, однако самостоятельных россыпей не образует.

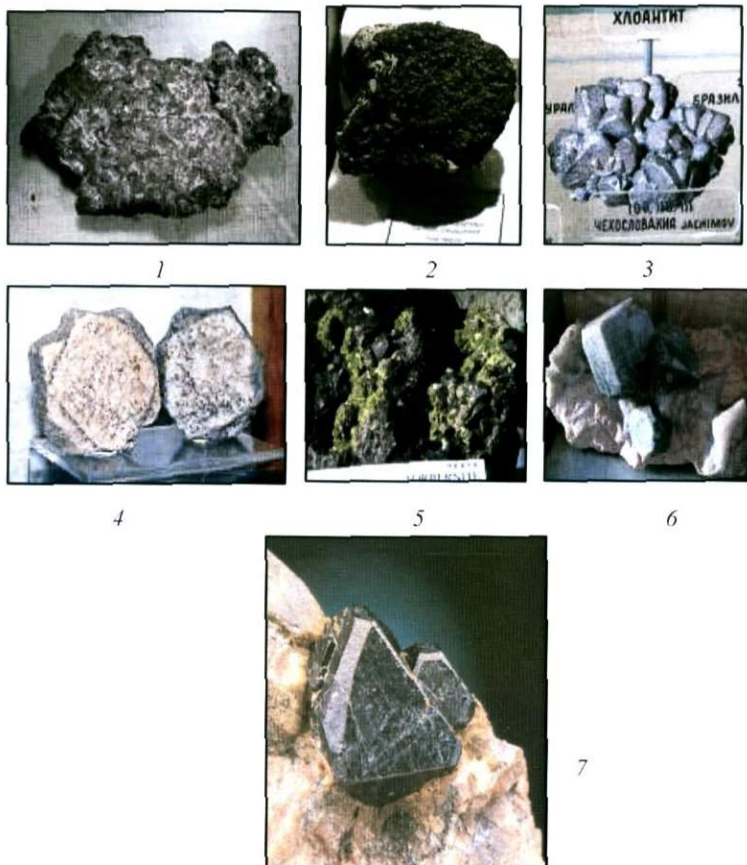


Рис. 87. Формы встречаемости уранинита: 1-6 - фото из Интернета; 7 – х8мм, Портленд, США (Корбел, Новак, 2004)

## §13. Торит

**Торит** – минерал группы циркона, состав  $\text{Th}[\text{SiO}_4]$ ; возможны примеси U, Fe, Y, TR, Ca, Pb,  $\text{H}_2\text{O}$ , реже P. Редкий минерал.

Цвет оранжево-желтый до черного. В зависимости от цвета и состава выделяются следующие разновидности:

- *обычный торит* – коричневый и светло-бурый;
- *оранжит* (аморфный гидратизированный торит, ураносодержащие разновидности торита, или ураноторит) – желто-оранжевый;
- *ферриторит* – бурый, черно-бурый, черный;
- *гидроторит* – сильно измененные и гидратированные ториты различного состава;
- *фосфоторит* – редкие земли и фосфорсодержащие разновидности коричневого или оранжево-бурого цвета.

Блеск жирный или смолистый. Просвечивает или полупрозрачный, но чаще непрозрачный. Излом раковистый.

Удельный вес 4,5-5,5 г/см<sup>3</sup>; твердость 4,5-5. Хрупок, раздавливается средне.

Сильно радиоактивен.

При нагревании разлагается в HCl и HNO<sub>3</sub>. Капля солянокислого раствора торита, выпаренная с примесью порошка торона на часовом стекле, дает сухой остаток малиново-красного цвета (реакция на торий).

Встречается в виде кристаллов призматического или дипирамидального облика, сходных с кристаллами циркона; обломков кристаллов, угловатых и слабоокатанных неправильных зерен, сплошных масс (рис. 88).

В неправильных зернах сходен с ловчорритом, малаконом, цирконом, некоторыми разновидностями сфена.

Характерен для пегматитов, как аксессуарный минерал – для гранитов и сиенитов.

Встречается в редкометалльных, оловянных и некоторых других россыпях в районах распространения гранитоидов, с которыми связаны редкометалльные пегматиты, грейзены, кварц-полевошпатовые жилы. Самостоятельного промышленного интереса в россыпях не представляет (Словарь по геол. россыпей, 1985).



*Рис. 88. Формы встречаемости торита (фото из Интернета)*

## ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Автор надеется, что читатель настоящей работы заново откроет для себя много нового по истории обнаружения, добыче и свойствам различных минералов; узнает о перипетиях судьбы крупных самородков золота и алмазов и о трудностях их добычи.

Исследование свойств минералов и строения россыпей очень увлекательная и нужная работа. И если по прочтении этой работы в полку любителей минералов и россыпей станет хотя бы одним человеком больше, то автор будет считать не напрасным время и труд, потраченные на ее подготовку.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абовян С.Б. Платина // Геология АрмССР. Т. VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.490-496.
- Акопян Е.А. Вольфрам // Геология АрмССР. Т. VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.191-198.
- Акопян Е.А. Олово // Геология АрмССР. Т. VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.199-206.
- Аллисон А., Палмер Д. Геология. М.: Мир, 1984. 568с.
- Амирян Ш.О. История открытия и изученности золоторудного оруденения на территории Республики Армения // Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2007, LX, N1, с. 49-52.
- Ануфриенко А. – <http://www.snab.ru/stati/49-5.html>
- Арапов Ю.А. Гранат // Геология АрмССР. Т. VII. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1966, с.415-430.
- Арутюнян А.А., Мнацаканян А.Х. Агат // Геология АрмССР. Т. VII. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1966, с.405-415.
- Арутюнян А.А., Пилюян Г.А. Хромит // Геология АрмССР. Т. VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.90-103.
- Асланян А.Т. Институту геологических наук АН АрмССР 50 лет / Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, т. XXXVIII, N5, с. 3-19.
- Батти Х., Принг А. Минералогия для студентов. М.: Мир, 2001. 429с.
- Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 471с.
- Божинский А.П. Общая характеристика россыпных месторождений и природные факторы, определяющие выбор методики их разведки // Методы разведки и подсчета запасов россыпных месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1965, с. 7-38.
- Бойнагрян В.Р. Особенности литологии поверхностных осадков подводного берегового склона юго-восточной части Балтийского моря // Океанология, 1968, N6, с. 1036-1048.
- Бойнагрян В.Р. Геоморфология береговой зоны и литология прибрежно-морских отложений Юго-восточной Балтики (в связи с вопросами образования прибрежно-морских россыпей). Автореферат дисс. ... канд. геор. наук. М., 1969. 24с.
- Бойнагрян В.Р. Концентрация тяжелых минералов в береговой зоне Юго-восточной Балтики и некоторые вопросы поисков прибрежно-морских россыпей // Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. М.: Наука, 1971, с. 161-165.
- Бойнагрян В.Р. Некоторые типоморфные особенности минералов тяжелой фракции шлихов из аллювия террас р.Вохчи // Современные проблемы геологии и географии / Сборн. науч. трудов конфер., Ереван, 2008, с. 138-140.
- Буссенар Л. Похитители бриллиантов. Алма-Ата: Казахстан, 1982. 416с.
- Васильчиков Н.В. О перспективах добычи алмазов с морского дна у побережья Юго-Западной Африки (по литературным источникам) // Горный журнал, 1963, N3, с. 68-69.

- Воскресенский С.С. Геоморфология россыпей. М.: Изд-во МГУ, 1985. 204с.
- Высоцкий Н.К. Месторождения платины Исковского и Нижнетагильского районов на Урале // Тр. геол. комитета. СПб, 1913, вып. 62, ч. 1. 696с.
- Габзималян Р.М. Оптический кварц // Геология АрмССР. Т. VII. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1966, с.435-438.
- Ганзелка И., Зикмунд М. По Кордильерам. Артия Прага, 1958. 337с.
- Геворкян Р.Г. Прогнозная оценка офиолитовой ассоциации на алмаз (Аналитический обзор). Ереван, 1997. 70с.
- Геворкян Р.Г., Геворкян М.Р. Офиолитовая палеоокеаническая кора Армении (Южный Кавказ). Ереван: Геоид, 2003. 259с.
- Геологические критерии поисков россыпей. М.: Недра, 1981.
- Геологический словарь. М.: Госгеолтехиздат, 1960. Т.1 – 402с., т.2 – 445с.
- Годовиков А.А., Ришинен О.И., Моторин С.Г. Агагы. М.: Недра, 1987. 368с.
- Григорьев Д.П. К обсуждению вопроса об объектах минералогической науки // Минералогический журнал, 1985, №4, с. 95-99.
- Гурвич С.И., Трохачев П.А., Одинец Н.И., Балакина В.Ф. Некоторые закономерности формирования россыпных месторождений танталониобатов // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 4. Россыпи. М.: Госгортехиздат, 1960, с. 85-91.
- Жилинский Г.Б. Генетические типы оловянных россыпей Индонезии, методика их поисков и разведки // Геология россыпей. М.: Наука, 1965, с. 67-76.
- Казакевич Ю.П. Золотоносные россыпи Витимо-Патомского нагорья (Ленского золотоносного района), условия их формирования и размещения // Геология россыпей. М.: Наука, 1968, с. 210-218.
- Казакевич Ю.П. Условия образования и сохранения сложных погребенных россыпей золота. М., 1972. 215с.
- Каминский Ф.В. Алмазность некимберлитовых изверженных пород. М.: Недра, 1984. 173с.
- Каминский Ф.В., Геворкян Р.Г. Некимберлитовые первоисточники алмазов // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1976, №2, с.32-40.
- Каминский Ф.В., Прокопчук Б.И. Новые источники алмазов // Природа, 1974, №10.
- Кашцев Л.П., Кушнарев П.И. Условия образования и основные особенности строения прибрежно-морских россыпей. Статья 1 // Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, №10, с. 78-84.
- Киевленко Е.Я., Сенкевич В.В. Геология месторождений поделочных камней. М.: Недра, 1983. 262с.
- Константинов М.М. Золоторудные гиганты мира // Природа, 2000, №3, с. 52-57.
- Корбел П., Новак М. Минералы. Иллюстрированная энциклопедия. М.: Лабиринт Пресс, 2004. 296с.
- Короновский Н.В. Общая геология. М.: КДУ, 2006. 528с.
- Куликов Б.Ф., Буканов В.В. Словарь камней-самоцветов. Л.: Недра, 1988. 168с
- Кутыев Ф.Ю., Кутыева Г.В. Алмазы в базальтах Камчатки // Доклады АН СССР, 1975, т.221, №1, с.183-186.
- Кухаренко А.А. Алмазы Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1955.

- Лебедева Н.Б. Пособие к практическим занятиям по общей геологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 98с.
- Лебединский В.И. В удивительном мире камня. М.: Недра, 1973. 198с.
- Лешков В. Плавающие фабрики золота // Наука и жизнь. 1970. N3, с. 13-19.
- Локерман А.А. Россыпные месторождения золота. М.: Знание, 1977. 46с
- Лукьянова Л.И., Смирнов Ю.Д., Зильберман А.М., Чернышева Б.М., Михайловская Л.Н. О находке алмазов в пикритах Урала // Записки ВМО, 1978, ч.107, вып. 5, с.580-585..
- Ляхович В.В. Акцессорные минералы. М.: Наука, 1968. 276с.
- Магакьян И.Г., Амирян Ш.О. Золото // Геология АрмССР. Т.VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.447-477.
- Меро Дж. Минеральные богатства океана. М.: Прогресс, 1969. 440с.
- Месторождения литофильных редких металлов. М.: Недра, 1980.
- Металиды В. Перспективы титана России: проблемы Украины (часть I) (данные на 04.09.09 <http://ugmk/info/print/art/1227708203>)
- Милашев В.А. Физико-химические условия образования кимберлитов. М.: Недра, 1972.
- Милашев В.А. Алмаз. Легенды и действительность. Л.: Недра, 1976. 112с.
- Настасиенко Е.В. Формационные типы месторождений агата и перспективы их нахождения на территории СССР // Слюда и пьезооптическое сырье / Труды ВСЕГЕИ. Л.: МГ СССР, 1979, т. 283, с. 112-132.
- Нурок Г.А., Костин В.Н., Бруякин Ю.В., Бубис Ю.В., Молочников Л.Н., Яблоков К.В., Богатов А.Д., Богоявленский В.И. Добыча полезных ископаемых со дна морей и океанов. М.: Недра, 1970. 240с.
- Оллиер К. Тектоника и рельеф. М.: Недра, 1984. 460с.
- Павлинов В.Н., Михайлов А.Е., Кизевальтер Д.С., Мельникова Н.Г., Никитина М.И., Рыжова А.А., Сапожников Д.Г. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1983. 161с.
- Пароникян В.О., Савченко М.А. Серебро // Геология АрмССР. Т.VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.478-489.
- Пиджян Г.О. Ртуть // Геология АрмССР. Т.VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.237-247.
- Прокопчук Б.И. Алмазные россыпи и методика их прогнозирования и поисков. М.: Недра, 1979. 248с.
- Прокопчук Б.И., Трофимов В.С., Левин В.И. Основные типы алмазных месторождений зарубежных стран // Советская геология, 1976, N6 ©, с. 134-143.
- Россыпные месторождения России и других стран СНГ. М.: Научный мир, 1997. 480с.
- Самсонов Я.П., Туринге А.В. Самоцветы СССР. М.: Недра, 1984. 335с.
- Сапрыкин А.А., Шофман И.Л. Новейшие тектонические движения и их влияние на формирование россыпей в северо-восточной части Патомского нагорья (Ленский золотоносный район) // Геология россыпей. М.: Наука, 1965, 1965, с. 172-179.
- Словарь по геологии россыпей. М.: Недра, 1985. 197с.

- Смолдырев А.Е. Геологические обоснования методики и техники поисков прибрежно-морских россыпей // Известия ВУЗов. Геол. и разведка, 1975, N11, с. 6-17.
- Соболевский В.И. Благородные металлы. Золото. М.: Знание, 1970. 48с.
- Трофимов В.С. Янтарные россыпи и их происхождение // Геология россыпей. М.: Наука, 1965, с. 77-97.
- Трофимов В.С. Закономерности размещения и образования алмазных месторождений. М.: Недра, 1967. 229с.
- Трофимов В.С. Янтарь. М.: Недра, 1974.
- Трофимов В.С. Геология месторождений природных алмазов. М.: Недра, 1980. 304с.
- Трохачев П.А., Костюнина Л.П. Некоторые закономерности размещения рутиловых россыпей в СССР // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 4. Россыпи. М.: Госгортехиздат, 1960, с. 81-84.
- Ульст В.Г. Некоторые закономерности концентрации тяжелых минералов в береговой зоне моря // Труды ин-та геол. и полез. ископ. АН ЛатвССР. Рига, т. 11. 1963.
- Ульст В.Г. Накопление тяжелых минералов в современных прибрежно-морских отложениях // Теорет. вопросы динамики морских берегов. М.: Наука, 1964.
- Ферсман А.Е. Кристаллография алмаза. М., 1955. 566с.
- Фосс Г.В. Краткий обзор районов распространения россыпных месторождений золота в СССР // Геология россыпей. М.: Наука, 1965, с. 103-104.
- Хачатурян Э.А. Титан // Геология АрмССР. Т. VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.104-109.
- Хачатурян Э.А. Железо // Геология АрмССР. Т. VI. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1967, с.24-70.
- Шестопалов М.Ф. Ультраосновной массив Китайских Альп Восточного Саяна и связанные с ним месторождения // Труды ЦНИЛ камней – самоцветов. М.-Л., 1936, вып.4, с.84-100.
- Шестопалов М.Ф. Находки алмазов и алмазоносных пород в СССР // Труды ЦНИЛ камней – самоцветов. М.-Л., 1938, вып.4.
- Шилле П. Золотая лихорадка в Серра-Пеладе // За рубежом. 1984, N52 (1277), с. 18-19.
- Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1985. 400с.
- Шило Н.А., Каминский Ф.В., Лаврова Л.Д., Долматов В.К., Плешаков А.Н. Первая находка алмазов в ультрамафитах Камчатки // Доклады АН СССР, 1979, т.248, №5, с.1211-1214.
- Шмаков И.И., Божко Е.Н. Происхождение морских россыпей алмазов Намибии // Вестник ВГУ. Серия: Геология, 2008, N1, с. 116-126.
- Юбельт Р. Определитель минералов. М.: Мир, 1978. 326с.
- Camsell G.A. New diamond locality in the Tulamin district. British. Columbia // Econom. Geology, 1911, #6.

- Corbett I.B. A review of diamondiferous marine deposits of west southern Africa // Africa. Geosciences Review, 1996, N3, p. 157-174.
- Kaiser E. Die Diamantenwüste Süd Westafrikas. 2vol. Dietrich Reimer. Berlin. 1926. 241p.
- Kaminsky F.V. Non-kimberlitic Diamondiferous Igneous Rocks: 25 Years On // Journal Geological Society of India. March 2007, vol.69, pp.557-575.
- Quick L. The book of agates. Chilton book Co., Radner, Pennsylvania, Third Printing, 1974. 232p.
- Levinson A.A. Diamonds sources and production: past, present and future / A.A.Levinson, J.J. Gurney, M.B. Kirkley // Gems and Gemmology 28. 1992, p. 234-254.
- Nickel E.H. Definition of a mineral // European Journal of Mineralogy. 1995, 7, N5, p. 1213-1215.
- Rogers J., Pether J., Molyneux R., Genis J., Kilham J.L.V., Cooper G. and Corbett I.B. Cenozoic geology and mineral deposits along the west coast of southern Africa and the Sperrgebiet // Guidebook Geocongress "90 Geological Society of South Africa", 1990, p. 11-90.
- Schneider G.I.C., Miller R.M. Diamonds. The mineral resources of Namibia. Ministry of mines and energy // Geological survey, 5-1, 1992, p. 1-31.
- Schumann W. Edelsteine und Schmucksteine. München, 1978.
- Stutzer O. Die Lagerstätten ober Edelsteine und Schmucksteine // Die wichtigste Lagerstätten der Nicht-Erze. Band VI. Berlin, 1935.
- Sutherland D.G. The transport and sorting of diamonds by fluvial and marine process // Economic Geology 77, 1982, p. 1613-1620.
- Zaddach E.G. Des Tertiärgebirge Samlands // "Schr. D. phys. ök. Ges", VIII, Königsberg, 1868.
- <http://www.ru.wikipedia.org/wiki/платина>
- <http://www.proserebro.com/istoriya-serebra>
- <http://www.moikompas.ru/compas/serebro>
- <http://www.proserebro.com/mestorozhdeniya>
- <http://chemistry.ru/artides/artide>
- <http://dic.academic.ru>
- <http://www.chaibukha.ru/rus/info-1.shtml>
- <http://www.rpc-platina.ru>
- <http://www.metaltorg.ru/analytics/publication/index/php?id=3044>
- <http://www.sibvtordrag.ru/news.php?sort>
- <http://www.mirrabot.com/work/work-45302.html>
- <http://www.fegi.ru/primorye/geology/gold5.html>
- <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/1008/120/755.htm>

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>Глава первая. ПОНЯТИЕ О МИНЕРАЛАХ И РОССЫПЯХ</b> .....	6
§1. Минералы .....	6
1.1. <i>Формы нахождения минералов в природе</i> .....	7
1.2. <i>Классификация минералов</i> .....	8
§2. <i>Россыпи</i> .....	9
2.1. <i>Классификация россыпей</i> .....	10
<b>Глава вторая. РОССЫПИ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ</b> .....	14
§1. <i>Понятие о драгоценных камнях</i> .....	14
§2. <i>Минералы – драгоценные камни первого класса</i> .....	14
2.1. <i>Алмаз</i> .....	14
2.1.1. <i>Свойства алмазов</i> .....	15
2.1.2. <i>Происхождение и встречаемость в природе</i> .....	16
2.1.3. <i>Добыча алмазов</i> .....	17
2.1.4. <i>Крупные кристаллы алмаза</i> .....	21
2.1.5. <i>Россыпи алмазов</i> .....	24
2.5.1. <i>Генетические типы россыпей алмазов</i> .....	25
2.5.2. <i>Общие замечания к алмазам из россыпей</i> .....	29
2.2. <i>Рубин и сапфир</i> .....	35
§3. <i>Минералы – драгоценные камни второго класса</i> .....	35
3.1. <i>Топаз, берилл, хризоберилл, пироп, альмандин, демантоид, гроссуляр</i> ..	35
3.2. <i>Горный хрусталь</i> .....	40
3.3.1. <i>Россыпи горного хрусталя</i> .....	41
§4. <i>Минералы – драгоценные камни третьего класса (полудрагоценные камни)</i> .....	48
4.1. <i>Жадеит</i> .....	48
4.2. <i>Нефрит</i> .....	49
4.3. <i>Агат</i> .....	50
4.4. <i>Янтарь</i> .....	52
4.4.1. <i>Понятие о янтаре, разновидности янтара</i> .....	52
4.4.2. <i>Происхождение</i> .....	54
4.4.3. <i>Свойства янтара</i> .....	55
4.4.4. <i>Распространение янтара на земном шаре</i> .....	55
4.4.5. <i>Россыпи янтара</i> .....	56
<b>Глава третья. РОССЫПИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ</b> .....	62
§1. <i>Золото</i> .....	62
1.1. <i>Свойства золота</i> .....	62
1.2. <i>Происхождение и распространение золота в природе</i> .....	63
1.3. <i>Первые находки и добыча золота</i> .....	63
1.4. <i>Самородки золота</i> .....	67
1.5. <i>Россыпи золота</i> .....	68
1.5.1. <i>История добычи золота из россыпей</i> .....	68
1.5.2. <i>Классификация россыпей золота</i> .....	69
1.5.2 – а. <i>Элювиальные россыпи золота</i> .....	70
1.5.2 – б. <i>Россыпи склонов</i> .....	70
1.5.2 – в. <i>Ледниковые россыпи золота</i> .....	71
1.5.2 – г. <i>Аллювиальные россыпи золота</i> .....	72

1.5.2 – г-1. Золотоносные россыпи верховой р. Б.Патом.....	72
1.5.2 – г-2. Золотоносные россыпи участка среднего течения р.Жуи....	74
1.5.2 – г-3. Методы добычи аллювиальных россыпей золота .....	76
1.5.3. Морские и озерные золотоносные россыпи .....	77
1.5.4. Золотоносные конгломераты .....	79
<b>§2. Платина.....</b>	<b>87</b>
2.1. Свойства платины .....	88
2.2. Распространенность в природе, коренные месторождения .....	88
2.3. Первые находки и добыча платины .....	89
2.4. Самородки платины.....	91
2.5. Россыпи платины .....	92
<b>§3. Серебро.....</b>	<b>93</b>
3.1. Свойства серебра.....	94
3.2. Распространенность в природе, коренные месторождения.....	94
3.3. Первые находки серебра и его добыча, крупные самородки.....	95
3.4. Встречаемость серебра в россыпях.....	98
<b>Глава четвертая. ОЛОВЯННО-ВОЛЬФРАМОВЫЕ И</b>	
<b>РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ РОССЫПИ И ИХ МИНЕРАЛЫ.....</b>	<b>102</b>
<b>§1. Касситерит .....</b>	<b>102</b>
1.1 Свойства касситерита .....	102
1.2. Россыпи касситерита .....	103
<b>§2. Вольфрамит .....</b>	<b>108</b>
2.1. Свойства вольфрамита .....	108
2.2. Россыпи вольфрамита .....	108
<b>§3. Шеелит .....</b>	<b>110</b>
3.1. Свойства шеелита.....	110
3.2. Россыпи шеелита .....	111
<b>§4. Тантало – ниобаты .....</b>	<b>112</b>
4.1. Колумбит – танталит .....	112
4.2. Пироклор .....	113
<b>Глава пятая. ТИТАНО-ЦИРКОНИЕВЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ</b>	
<b>РОССЫПИ И ИХ МИНЕРАЛЫ .....</b>	<b>117</b>
<b>§1. Циркон .....</b>	<b>117</b>
<b>§2. Ильменит .....</b>	<b>120</b>
<b>§3. Рутил .....</b>	<b>122</b>
<b>§4. Лейкоксен .....</b>	<b>125</b>
<b>§5. Монацит .....</b>	<b>125</b>
<b>§6. Ксенотим .....</b>	<b>127</b>
<b>§7. Эвксенит .....</b>	<b>129</b>
<b>§ 8. Лопарит .....</b>	<b>130</b>
<b>§9. Анатаз.....</b>	<b>131</b>
<b>§10. Брукит .....</b>	<b>133</b>
<b>§11. Сфен (титанит) .....</b>	<b>135</b>
<b>§12. Комплексные титано-циркониевые россыпи .....</b>	<b>137</b>
<b>Глава шестая. РОССЫПИ АБРАЗИВНЫХ МИНЕРАЛОВ И ЧЕРНЫХ</b>	
<b>МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>142</b>
<b>§1. Корунд .....</b>	<b>142</b>
<b>§2. Магнетит .....</b>	<b>143</b>

§3. Титаномагнетит.....	145
§4. Хромит .....	147
<b>Глава седьмая. ПРОЧИЕ ПОЛЕЗНЫЕ МИНЕРАЛЫ И ИХ ВСТРЕЧАЕМОСТЬ В РОССЫПЯХ .....</b>	<b>149</b>
§1. Киноварь .....	149
§2. Силлиманит .....	151
§3. Андалузит .....	153
§4. Ставролит .....	153
§5. Дистен .....	154
§6. Шпинель .....	155
§7. Турмалин .....	158
§8. Пирит .....	161
§9. Арсенопирит.....	163
§10. Гематит .....	164
§11. Апатит .....	166
§12. Уранинит .....	167
§13. Торит .....	169
<b>ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ .....</b>	<b>171</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>172</b>

**БОЙНАГРЯН ВЛАДИМИР РУБЕНОВИЧ**  
**РОССЫПИ И ИХ МИНЕРАЛЫ**

**BOYNAGRYAN VLADIMIR RUBEN**  
**PLACERS AND THEIR MINERALS**

**ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ ՎԼԱԴԻՄԻՐ ՌՈՒԲԵՆԻ**  
**ՑՐՈՆՆԵՐԸ և ՆՐԱՆՑ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ**



**ԱՍՈՂԻԿ**

Տպագրված է «ԱՍՈՂԻԿ» իրատարակչության տպարանում:  
Ք. Երևան Սալյաթ-Նովա 24, (գրասենյակ)  
Ավան, Դավիթ Մալյան 45 (տպարան)  
Հեռ. (374 10) 54 49 82, 62 38 63  
Էլ. փոստ՝ [info@asoghik.am](mailto:info@asoghik.am)

19534



**Бойнагрян Владимир Рубенович** родился 14.01.1938г. в Тбилиси. Доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоморфологии и картографии Ереванского государственного университета.

В 1962г. окончил с отличием географический факультет Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова по специальности “Геоморфология”.

В 1962-1966гг. работал в Атлантическом отделении Института океанологии АН СССР руководителем Отдела морских берегов и начальником береговых экспедиций. В 1966-1969гг. – аспирант кафедры геоморфологии МГУ. После защиты кандидатской диссертации был приглашен

на работу в ЕГУ. Имеет большой опыт полевых работ: 1960-1961гг. – Патомское нагорье (Иркутская область) – поиски россыпей золота; 1962-1966гг. – Юго-восточная Балтика – изучение берегов и дна моря, укрепление берегов, защита портов от заносимости, поиски россыпей титанистых минералов; 1968г. – плато Устюрт (Казахстан) – поиски нефте- и газоносных структур; 1973-1983гг. – Средняя Азия, Казахстан, Урал, Камчатка, Большой Кавказ, Таймыр, Памир – полевые исследования для разных целей; с 1970г. – Армения – изучение склонов и склоновых процессов, картирование плиоцен-четвертичных рыхлообломочных образований, инженерная геоморфология.

В.Р.Бойнагрян – автор более 200 опубликованных работ (в том числе 7 монографий и трех учебных пособий).

Область профессиональных интересов: геоморфология гор и морских берегов, опасные природные процессы, инженерная геоморфология и геология, аэрокосмические методы исследований, поиски полезных ископаемых, неотектоника, литология четвертичных отложений, геоэкология и др.

Награжден серебряной (1994) и золотой (2009) медалями Ереванского государственного университета.

В.Р.Бойнагрян является членом ряда международных ассоциаций: IANS, МААН, селевой; членом научного совета по чрезвычайным ситуациям государств - участников СНГ, ученого совета МЧС Армении, совещательного совета международного журнала “Hydrology Science and Technology”, редколлегии журнала «Ученые записки ЕГУ. Геология и география» и др.