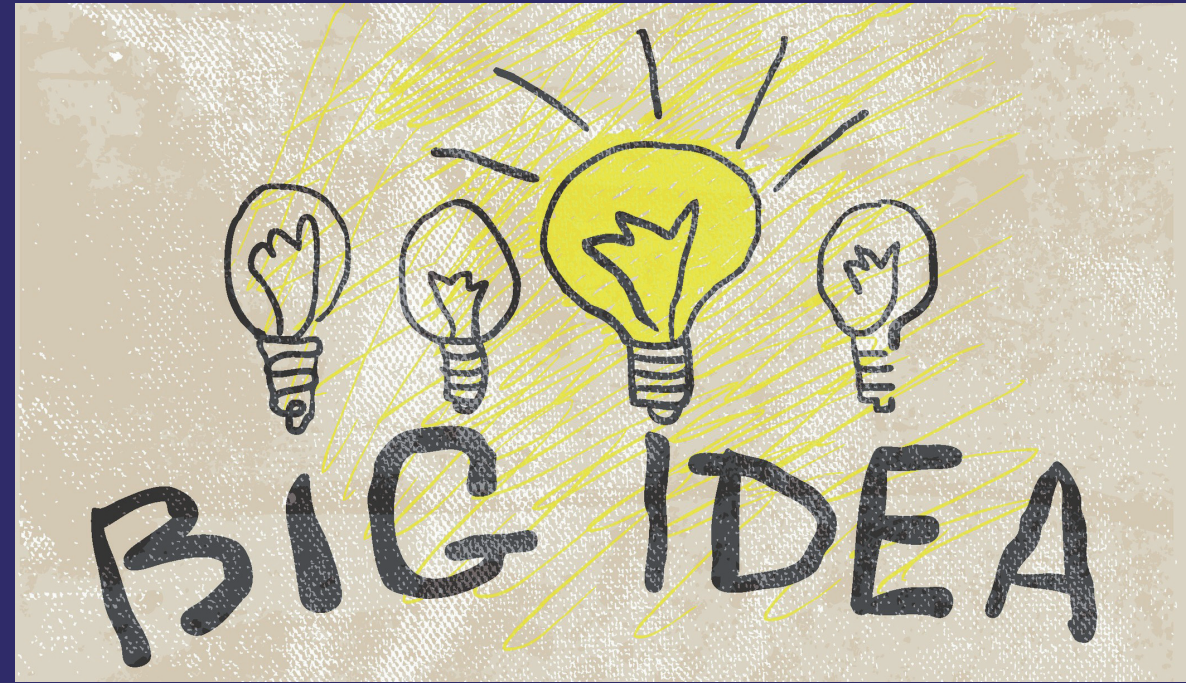
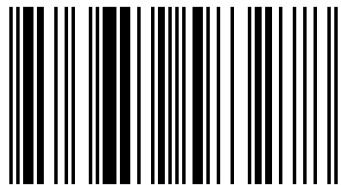


Автор выделяет специфические особенности основных свойств месторождений золота, связанных с "черносланцевыми" толщами- региональное распространение золотоносной формации, стадийность рудообразования в ходе диагенеза метаморфизма и постмагматического преобразования. Автор обосновывает целесообразность их объединения в объемную рудно-магматическую систему, для которой характерен большой масштаб рудоносности. Все это характеризует рудоносную систему как ведущую минерально-сырьевую базу золотодобычи. В особенности, если принять во внимание связь с районами развития черносланцевого комплекса месторождений основных россыпей золота. The author highlights the specific characteristics of the basic properties of gold deposits, connected with black shales-regional distribution of stages of formation of the gold ore, formation during metamorphism diagenes and postmagmatism conversion. These features are associated with black shales- layers. The author proves the usefulness of combining them into larger ore-magmatism system, characterized by a large scale of ore-bearing potential. All this defines ore-bearing system as the leading mineral resources potential of gold mining. Especially if you t



**Юрий Бакулин**

Бакулин Юрий Ильич - доктор геолого-минералогических наук, Лауреат Ленинской премии, Действительный член Российской Академии естественных наук, Академии горных наук, вице-президент НП "Горнопромышленники России", профессор кафедры геодезии и землеустройства Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск



978-3-659-58327-8

Юрий Бакулин

# Особенности крупнообъемных месторождений золота

полигенетическая рудоносная система на  
черносланцевой базе

**Юрий Бакулин**

**Особенности крупнообъемных месторождений золота**



**Юрий Бакулин**

**Особенности крупнообъемных  
месторождений золота**

**полигенетическая рудоносная система на  
черносланцевой базе**

**LAP LAMBERT Academic Publishing**



## **Impressum / Выходные данные**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Германия

Email / электронная почта: [info@lap-publishing.com](mailto:info@lap-publishing.com)

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

**ISBN: 978-3-659-58327-8**

Copyright / АВТОРСКОЕ ПРАВО © 2014 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2014

## СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ.....	3
<b>Глава 1. Современные представления о генезис месторождений золота.....</b>	<b>5</b>
1.1. Нано-химическая форма подготовки рудоносной системы.....	6
Что такое нано-геохимия?.....	6
Систематизация нанообъектов и процессов.....	8
Задачи.....	10
1.2. Геохимическая форма рудообразования.....	11
Типы осадочных бассейнов.....	12
Эндогенные продукты осадконакопления.....	13
Стадии рудообразования.....	14
<b>Глава 2. Геологические условия формирования золотоносных формаций.....</b>	<b>21</b>
<b>Глава 3. Металлогеническое районирование территории Дальнего Востока и характеристика объектов.....</b>	<b>32</b>
Алдано-Становая провинция.....	32
Амурская провинция.....	33
Нижне-Амурская рудно-магматическая система.....	40
Покровско-Троицкое месторождение.....	44
Учаинское месторождение.....	52
Сихотэ-Алинская рудоносная система.....	60
Верхояно-Чукотская провинция.....	61
Сетте-Дабанская рудоносная система.....	61
Нежданинское месторождение.....	62
Верхояно-Колымская рудоносная система.....	65
Месторождение Наталка.....	70
Бакы-Куларская металлогеническая зона.....	73
Чукотская рудоносная система.....	74
Совиное месторождение.....	75
Майское месторождение.....	75
(Хоккайдо)-Сахалинская провинция.....	79
Лангерийский подрайон.....	79
Курило-Камчатско-Корякская провинция.....	80
<b>Глава 4. Обоснование систематизационной единицы.....</b>	<b>81</b>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
Библиографический список.....	92



## ВВЕДЕНИЕ

Особенности крупнообъемных месторождений золота, которые привлекли внимание автора несколько лет назад, изучались в аналогичных целях, как оказалось, целым рядом крупных специалистов в области геологии и металлогении золота (В.А. Буряк, М.М. Константинов, Б.И. Беневольский и другие), наработан огромный фактический материал. Таким образом, наша задача упростилась и свелась, главным образом, к систематизации разнообразной информации. Правда, целей систематизации оказалось достаточно большое количество, и относились они к различным разделам науки. С учетом этих обстоятельств наше исследование нужно считать системным. Оно позволило обновить сложившиеся генетические представления о рудообразовании и вписать в систему представлений отдельные новации последнего времени, присутствовавшие в некотором роде самостоятельно, вне связи с общей концепцией. В этом смысле работа представляет собой некую ревизию накопившихся знаний по проблеме, анализ их взаимосвязей и попытку создать новые знания, позволяющие взглянуть на факты по-новому. Когда оказалось, что рассматриваемые объекты при достаточной полной глубине изучения не укладываются в использующиеся генетические схемы, было решено строго не привязываться к этим схемам, а сразу конструировать что-то новое. Раньше, в 1999 г. занимаясь обобщением материала по золотоносности бассейна Витватерсранд [7], автор обозначил генетическую группу седиментационно-гидротермально-метаморфогенных (СГМ) месторождений. В настоящее время по месторождениям золота черносланцевого типа имеется разнообразный материал, позволяющий более полно характеризовать эти месторождения, выделить их принципиальные особенности, которые

позволяют рассматривать месторождения как некое сообщество среди многообразия золотоносных объектов.

Среди принципиальных особенностей черносланцевых месторождений находятся близкие геологические условия их локализации. Поэтому этим вопросам было уделено определенное внимание на основе ранее проведенного металлогенического анализа Дальнего Востока [43],

Проведенную работу, результатом которой является эта книга, нельзя считать выполнением поставленной задачи, т.к. необходимая минералогическая характеристика отсутствует, что является предметом как дополнительного обобщения, так и специального изучения особенностей рудообразования. В связи с этим работу можно рассматривать как обоснование генетического сообщества черносланцевых месторождений золота для повышения эффективности их изучения, оценки и освоения.

## **Глава 1. Современные представления о генезисе месторождений золота**

---

В настоящее время при характеристике Мировой минерально-сырьевой базы золота используется наиболее распространенная генетическая классификация. Также широко используются частные классификационные признаки для характеристики тех или иных типов месторождений. Еще одна особенность теории рудообразования золота связана с распространением представлений о миграции его не только геохимическим путем, но в форме нано-частиц [9], особенно в начальные стадии рудообразования. Кроме того, в современных представлениях о ходе реального рудообразования не так резко противопоставляются магматогенные, осадочные и метаморфические процессы.

В предлагаемом вниманию читателя разделе предпринимается попытка полной и современной характеристики представлений о рудообразования золота.

Общий генетический принцип рудообразования содержится в гениальном высказывании В.И.Смирнова о том, что *месторождения полезных ископаемых формируются в процессе дифференциации минеральных масс при их кругообороте в осадочном, магматическом и метаморфическом циклах образования горных пород и геологических структур* [38]. Предварительное представление о масштабах месторождения по совокупности геологических

процессов мобилизации металлов можно составить по самым общим признакам, таких как масштабы геологической структуры (чем она крупнее, тем больше масса мобилизованного вещества и при соответствующих условиях локализации возможно образование крупного объекта). При такой, самой общей, оценке в разряд перспективных металлов можно включить и золото, и рудообразование, относимое к углеродистому, или черносланцевому, типу. В этом случае к числу масштабных явлений относится формирование постинверсионных геосинклинальных прогибов со значительным приростом глубинных флюидов.

На этом типе золотого оруденения мы сконцентрируем внимание.

Исходя из охарактеризованных выше особенностей золота, уместно выделить следующие три формы подвижности: нано-химическая (нано-геохимическая), геохимическая и физическая.

### **1.1. Нано-химическая форма подготовки рудоносной системы**

Эту новую форму процесса рассмотрим несколько обстоятельнее: понятия, систематизация и задачи.

#### **1. Что такое нано-геохимия?**

*Нано-геохимия - это превращение, перемещение и накопление химических элементов не химическим путем, в том числе в составе ассоциаций элементов, называемых кластерами.*

Отдавая отчет уязвимости для критики этой формулировки, можно предложить более нейтральное выражение:

*Нано-геохимия - превращение, перемещение и накопление химических элементов в период между обособлением атомов и формированием кристаллов, и последующие превращения не химическим путем.*

Можно совсем упростить, если привязаться к размерам частиц, участвующих в процессах, но важно не утратить сущность процессов.

Важная особенность таких изменений заключается в том, что они определяются не столько химическими свойствами элементов, сколько



свойствами ассоциаций (не химических) элементов и здесь всегда присутствует, если не является важнейшим, физический компонент. В действительности это качественно новый уровень свойств, отличных от свойств атомов и кристаллов в широких вариациях свойств, в том числе с появлением наноэффектов, то есть существенных изменений. Формирование кластеров, в том числе нанообъектов, происходит по специфическим правилам, не поддающимся описанию только классическими химическими законами.

Сопоставим размеры:

- размер радиуса атома золота  $-0,1442 \text{ нм } (10^{-8} \text{ м})$ ;
- плотность атомов золота на поверхности монокристалла Au(111)  $-1,4 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ;
- согласно правилу IUPAC (Международный союз чистой и прикладной химии) наносистемами считаются объекты менее 100 нм хотя бы по одному измерению (то-есть - не более 347 атомов, или на 4 порядка меньше, чем на поверхности кристалла);
- диапазон длин волн видимого света - 400-750 нм.

Исследовательская группа Лай Шенг Ванга [21] установила, что оптимальные размеры для образования каркасных кластеров золота составляют 16, 17 и 18 атомов. При меньшем количестве атомов золота в кластере образуются плоские кластеры.

По данным этого исследователя атомы золота в объемном кластере золота образуют правильные треугольники, благодаря чему он похож не на футбольный мяч, как фуллерен углерода  $\text{C}_{60}$ , а на страз правильной огранки. Диаметр полости внутри кластера золота равен 0,6 нм, что оказывается вполне достаточным для поглощения малых атомов.

В гидротермальных системах, во всяком случае, в начальных стадиях их развития, функционируют плоские кластеры золота. К такому выводу мы вынуждены прийти в связи с низкими концентрациями золота в системе и с простотой нахождения в системе, возможностями многократно менять субстанцию в ходе развития процесса (растворы, гели, вхождение в решетки

других минералов и т.п.), но непрерывно наращивая степень концентрации. На всем протяжении процесса рудообразования золото в виде кластеров находится в системе в одной из перечисленных не стабильных субстанций, не образуя минеральной формы. Золото в кластерах находится в активированной форме, излучая 2,5-4,0 eV по мере уменьшения количества атомов в кластере от 15 до 4 [32]. Активность кластеров в связи с этим не изучена. В ионную форму оно переходит в присутствии галогенов. Но даже растворение золота галогенами - это путь к сегрегации наночастиц, т.к. при восстановлении из низкоконцентрированных растворов образуются коллоидные растворы - гидрозоли [28].

Повышение концентрации золота в системе ведет к образованию объемных кластеров с возрастающим количеством атомов, а кристаллическая структура золота начинает формироваться при разуплотнении, соответствующем 1,021 нм на 1 атом ( $\omega=10.21$ ).

## **2. Систематизация нанообъектов и процессов.**

Существование кластеров золота (плоских, а затем и объемных) в начальные стадии рудного процесса до степени разуплотнения 1.021 нм на 1 атом мы вынуждены принять. Такая рудоносная система в рассматриваемом аспекте имеет 2 степени свободы: концентрация золота и степень разуплотнения (сжатия) системы. Теоретически возможное количество состояний системы, таким образом, равно 4. Они влияют на продуктивность и другие свойства.

Помимо золота образование плоских кластеров, закручивающихся по мере повышения концентрации в объемные формы, характерно для углерода, образующего устойчивые образования (фуллерены), называемые нередко молекулами [22,40]. Установлена способность образования наночастиц кремнием и алюминием. Особенность углерода заключается в том, что он допускает атомы металлов в образование структур типа фуллеренов (железа, благородных металлов) и может помещать металлы внутрь сфер и трубок.

«Молекула» фуллерена  $C_{60}$  (типа «футбольного мяча», состоящего из шестидесяти атомов углерода) имеет полость 0.75 нм.

Геохимическое родство золота и серебра сохраняется на наноуровне за счет близких размеров атомов (1,442 и 1,444 нм соответственно) и выражено образованием взаимозамещений в широких пределах.

Особенность металлокластеров при увеличении количества атомов образовывать плоские структуры, установленная цитировавшимися Лай Шенг Вангом, создает более благоприятные условия для осаждения кластеров на поверхности кристаллов, использовать другие неоднородности среды для ассоциирования с ними. Здесь, как представляется, начинается новая стадия развития нанообъектов - эпигенетическая: изменение жильных и рудных минералов, перемещения кластеров, укрупнение их с образованием кристаллических обособлений золота.

Таким образом, известные данные позволяют следующим образом систематизировать наногеохимию золота.

#### 1) Нанообъекты

Кластеры золота: плоские, объемные

Кластеры золота - серебра

Кластеры на основе углерода: фуллерены, металло-кластеры.

Кластеры других элементов рудоносных систем: кремний, алюминий и др.

#### 2) Нанопроцессы

##### 3) Рост кластеров по мере повышения концентрации золота в системе.

Отложение кластеров на гранях роста жильных и рудных минералов и других неоднородностях кристаллов (захват кластеров кристаллами).

Эпигенетические и пострудные изменения, направленные на укрупнение наночастиц, образование кристаллических структур и их рост.

Общий результирующий эффект нано-геохимической формы – повышение степени концентрации золота в тех частях системы, которые способны принять на себя (и отдать в определенных условиях) кластеры золота. Наиболее вероятные «накопители» кластеров - зоны накопления углерода (способные

удержать золото в фуллеренах) и зоны пиритизации, накапливающие кластеры золота на дефектах кристаллической решетки. И, самое главное, условия разрушения связей кластеров с хозяевами создают концентрированные по золоту флюиды.

Для общего представления об особенностях геохимии золота проведем упрощенный расчет.

1 моль золота массой 196.96654 г содержит  $6.022141 \times 10^{23}$  атомов (число Авогадро). В 1 г золота содержится  $3.06 \times 10^{21}$  атомов. 1 моль воды массой 18 г содержится то же количество молекул. В 1 т воды содержится 55 556 молей или  $3.36 \times 10^{28}$  молекул воды. Следовательно, при концентрации золота 1 г/т в растворе, будь то гидротермальный раствор или вода поверхностного водоема, на 1 атом золота приходится  $10^7$  молекул воды. При ламинарном течении раствора вероятность встретиться двум или более атомам золота, чтобы образовать первоначально кластер (наночастицу), а затем и кристалл, очень мала. Но она резко возрастает в турбулентной среде. Исходя из этого, можно сделать предположение о поверхностных потоках, как предпочтительной среде для роста золотин. Некоторые вопросы поведения золота на этой стадии автором были ранее рассмотрены [9]. Важно привести несколько цифр: радиус атома золота 0.1442 нм, плотность атомов золота на поверхности кристалла 1.021 нм на 1 атом. Золотины представляют собой структурно рыхлые образования, образующиеся в специфических условиях. Особенности геохимии золота, сочетающие его высокую инертность и широкую подвижность, связаны с тем, что оно мигрирует, в основном, пассивно, в кластерной форме. В упомянутой работе автора были отмечены 2 степени свободы золотоносной системы: концентрация золота в системе и степень разуплотнения (сжатия) системы.

### **3.Задачи.**

Констатируя образовавшееся отставание в части изучения наноуровня процессов рудообразования, следует признать, что эффективным способом его устранения являлось бы целенаправленные исследования по обозначившимся объектам и процессам. По каждому из компонентов следует выделить экспериментальную часть и определить направления для изучения реальных природных объектов.

#### **1.2. Геохимическая форма рудообразования**

Контрастность свойств золота уже отмечалась ранее. Это один из самых тяжелых металлов (19,3 г/см<sup>3</sup>) и, в тоже время, один из самых рыхлых (структурная рыхлость  $\Omega$  равна 10,21 против 3,42 у алмаза — структурно самого плотного минерала). Будучи химически инертным атомом, золото распространяется по всему спектру геологических процессов (правда, как выше отмечалось, не только в геохимической форме). Еще одна контрастность выражается в низких кларке и концентрациях его в руде, с одной стороны, и способности формировать большие массы руды, с другой. Термин «золотоносные (и рудоносные вообще) черные сланцы» широко применяется, хотя в научном отношении он не «оформлен»: не зафиксирован необходимый объем генетических признаков формации, диапазон изменения диагностических признаков, других важных показателей. Для разработки формационных признаков черносланцевого оруденения золото — приемлемый объект в силу широкой подвижности и наличия разнообразной информации о рудообразовании.

Отдельные аспекты рассматриваемого рудообразования характеризовались автором [10], более обстоятельно М.М.Константиновым [27] и другими исследователями. Термин рудоносные «черные сланцы» используется при описании геологических процессов, связанных с мобилизацией, перераспределением рудных элементов и образованием

промышленных месторождений урана, золота, металлов платиновой группы. Рудообразование развивается многостадийно во временном аспекте и полигенетически по характеру рудообразующих процессов. Можно утверждать, что руды этого формационного ряда связаны как с миграцией и накоплением углеводородов (продуктов органического происхождения), так и с эндогенным рудообразованием.

Рудоносные черные сланцы отлагаются в приразломных осадочных бассейнах, отличающихся линейностью, большой амплитудой прогибания и участием в седиментации продуктов эндогенного происхождения. Состав осадков свидетельствует о зрелой стадии эрозии прилегающих континентальных блоков — их пенеппенизации. Важная особенность прогибов — слабая степень орогенеза и завершающего магматизма. Углеродистость осадков, представленная рассеянным органическим веществом (РОВ), в зависимости от степени метаморфизма диагностируется черной окраской или шелковистым блеском, а в слабометаморфизованных породах можно отметить запах при ударе молотком, пачканье рук.

Контролирующие разломы имеют глубокое заложение и обеспечивают поступление глубинных флюидов, обогащенных углеводородами и металлами, прежде всего, золотом и металлами платиновой группы (МПГ). Рудообразование начинается в стадию осадконакопления, продолжается на стадиях диагенеза, катагенеза, метаморфизма и наложенных регенерационных процессов, связанных с новыми тектономагматическими этапами развития.

Рассмотрим эти особенности несколько детальнее.

Типы осадочных бассейнов. Осадочные бассейны формируются на постинверсионной стадии развития геосинклинальных прогибов, принадлежат к шовным, пограничным (краевым), остаточным типам. Анализ фациальной обстановки и роли серы в осадконакоплении свидетельствует об образовании черных сланцев в изолированных, разобщенных бассейнах, обеспечивающих закрытый геохимический режим при отложении осадков. Образование таких

бассейнов обычно происходит после промежуточной частичной инверсии, слабого орогенеза. Примеры бассейнов и их особенности приведены в таблице 1.

*Таблица 1.* Типы осадочных бассейнов, их примеры и особенности

<b>Типы бассейнов</b>	<b>Стадии развития</b>	<b>Осадочные формации</b>	<b>Примеры</b>
Внутренние бассейны краевого прогиба	Завершающая	Алеврито-глинистая	Бодайбинский прогиб
Шовные	Поздняя	Алеврито-глинистая	Джагдинская зона Амура-Охотской системы
Приразломные осадочные бассейны	Начальная	Флишевая	Аллах-Юньская зона Яно-Колымской системы
	Поздняя	Алеврито-глинистая	
Остаточные пост-инверсионные бассейны	Поздняя	Алеврито-глинистая	Амгунский синклиорий Сихотэ-Алинской системы

#### Эндогенные продукты осадконакопления.

Эндогенная активность разломов выражается присутствием в осадках туфогенного материала, редкими дайками и силлами магматических пород среднего и основного составов, а также привнесом из глубин в зону осадконакопления рудных элементов и углеводородов, образуемых при распаде гидридов, карбидов и других глубинных образований в зоне разлома. Ювенильные неравновесные флюидные системы, содержащие биофильные элементы, служат благоприятной средой для зарождения первичных органических соединений, которые в силу трофического принципа организации биосферы могут быть источником жизни. Органические соединения, пройдя непродолжительный путь развития, отмирают, обогащая осадки рассеянных органических веществ (РОВ). Устанавливаемое аналитически в осадочных породах РОВ — лишь незначительная часть первоначальной массы органики,



захороненной в породе при осадконакоплении. Это нафтоидный остаток процесса дистилляции органического вещества. При метаморфизме он преобразуется в антраксолиты. Поэтому, говоря об углеродистости черных сланцев, следует иметь в виду органику вообще [37]. Связь металлоносности с органическим веществом показана на следующих примерах. Работами ученых Дальневосточного научно-исследовательского института минерального сырья (ДВИМС) [9] выявлена повышенная металлоносность (золото, металлы платиновой группы) бурых углей ряда месторождений Дальнего Востока (ранее В.В.Середин определил золото в углях Приморья) и их золошлаковых материалов. В 2000г. А.А.Черепановым [9] выделены металлы платиновой группы из растений (березы); золото и платина обнаружены в продуктах переработки нефтей острова Сахалин. Однако пока речь может идти лишь об эмпирической связи золота и МПГ с органическим веществом, поскольку научных исследований о формах такого сонахождения не проводилось. О видах металлоорганических соединений можно только высказывать предположения. Одним из возможных видов могут быть металлоорганические (или протоорганические) соединения, названные итальянскими учеными Бруно Д.Ардженио и Джузеппе Джераци «кримсами, или кристаллическими микробами». Для метаморфизованных разностей «черных сланцев» не исключается участие металлов в фулеренах.

### Стадии рудообразования.

*Первая стадия генерации и образования рассеянного оруденения* связана с седиментационным процессом. На примере золота видно, что на начальных стадиях седиментационного цикла и эрозии образуются золотоносные конгломераты, с колебательными процессами средних стадий связан золотоносный флиш (типа Аллахюнь, Россия; Бендиго, Австралия), на поздних — золото накапливается в фациях удаленного сноса (Майское, Сухой Лог и др., Россия). В фациях удаленного сноса происходит смешение седиментогенных и

эндогенных продуктов, находящихся в растворенном состоянии, с образованием сложных соединений, хотя и рассеянных, но в более концентрированном состоянии.

*Вторая стадия — диагенез – катагенез – метаморфизм —* главная рудообразующая. В это время элементы дифференцируются в пространстве в соответствии с рядом подвижности элементов при метаморфизме Д.С.Коржинского:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ . Полнота геохимической колонны зависит от интенсивности и длительности воздействия, а время инверсии тектонического режима определяет отложение подвижной части элементов.

Углеводороды почти полностью отделяются на стадии метаморфизма, соответствующей углефикации типа Д, но часть углерода (до 0,5% по массе) остается, обуславливая характерную особенность пород. Это так называемое нерастворимое углеродистое вещество (НУВ). Изучение последнего на месторождении Сухой Лог [37] показало, что по методам фракционирования его можно разделять на свободное (отделяемое водой), карбонатное, силикатное, сульфидное (отделяемое соответственно соляной, фтористоводородной и азотной кислотами) и остаточное, не выделяемое в этих средах. Трудности извлечения НУВ объясняются нахождением его в форме фрамбоидов, покрытых сульфидами. Золотом наиболее обогащено свободное и сульфидное НУВ. Исследователи приходят к выводу, что НУВ имеет два источника — детритный (приповерхностный) и сорбированный (из глубинных, эндогенных источников).

Уран приобретает подвижность в том же диапазоне динамотермального воздействия. Но на его вынос из системы влияет образование кристаллических минеральных соединений, позволяющих сохраняться урану в породе и при более высоких РТ-параметрах. Например, в зоне диагенеза и раннего катагенеза часть урана удерживается в виде водного фосфата уранила, образующего с вивианитом изоструктурные соединения. Но при более высоком метаморфизме

и замещении вивианита апатитом уран переходит в подвижную фазу. Аналогично уран удерживается кертитом в виде твердых растворов водного триоксида урана. При метаморфизме углеводорода до графита уран также переходит в подвижную фазу (Н.А.Созинов, Н.П.Ермолаев). Всего, по данным этих авторов, из 1 м<sup>3</sup> черных сланцев в подвижную фазу переходит до 9–11 г урана.

Основная масса халькофильных элементов отделяется до филлитовой фации метаморфизма. Они изоморфно присутствуют в породообразующих минералах, а основные их носители — плагиоклазы на уровне РТ-условий филлитов полностью освобождаются от халькофилов.

Золото в черных сланцах, как и углеводороды, имеет поверхностное и глубинное происхождение. Глубинное золото поступает, по-видимому, в составе хлоридных комплексов, разрушение которых ведет к образованию ультратонкого золота и на его основе коллоидных соединений и кластеров в лигандной с углеродом и безлигандной формах. При метаморфизме оно укрупняется. На месторождении Сухой Лог (Э.А. Развозжаева и др.) >30% золотин имеют размер 3–5 мкм, ~20% — 15–25 мкм. При фракционировании в остатке остается не извлекаемое золото размером <9 мкм. На стадии метаморфизма золотины растут как при химических, так и физико-химических процессах, слипаясь за счет поверхностных сил в результате низкой температуры Дебая. Более интенсивно они увеличиваются при наложенных тектономагматических процессах, которые составляют следующую стадию рудообразования — регенерационную.

*Третья стадия — регенерация рассеянного оруденения* — происходит под воздействием магматизма и гидротерм. Она заключается (в порядке возрастающей интенсивности воздействия) в перекристаллизации, образовании родственных минеральных обособлений в пределах прежних геологических тел, апофиз в соответствии с изменившимся полем напряжений, секущих жил ограниченной протяженности. Неоднородность рудного поля, возникшая на ранних стадиях развития, влияет на формирование наложенных

новообразований — минерализованных зон, жил, штокверков. При этом сингенетические рудоносные образования затушевываются, но их связь с черными сланцами сохраняется.

Металлы платиновой группы (МПП) аналитически в существенных количествах устанавливаются в зонах регенерации. В зонах рассеянного оруденения массовыми методами анализа их можно установить крайне редко и в незначительных количествах. Заметим, что лаборатории, не применяющие специальные методы пробоподготовки, МПП не определяют. По-видимому, платина все еще находится в соединениях типа фуллеренов, трудно диагностируемых аналитическими методами. В результате регенерации фуллерены, вероятно, разрушаются и МПП переходят в минеральные формы. Пробы, взятые в экзоконтакте новообразованных жил, показывают содержание платины.

В связи с длительностью и многоэтапностью формирования месторождений фиксируется большое разнообразие их минеральных, текстурных, структурных и вещественных особенностей. Но главные, руководящие особенности (узнаваемость), позволяющие рассматривать их в составе единой генетической группы, сохраняются. К ним относятся алевритопелитовый состав вмещающих осадочных пород, их углеродистость, сложные формы структурного и тектонического контроля минерализации, слабая степень контрастности руд по сравнению с вмещающими породами и ряд других. Как правило, руды труднообогатимые.

В зависимости от степени метаморфизма изменяется состав вмещающих пород, с ним связана одна из главных стадий рудообразования. Режим метаморфизма сказывается и на качестве руд. В интенсивном скоротечном процессе участвуют многие компоненты, и качество руд не улучшается. Длительное воздействие, в частности, региональный метаморфизм, ведет к дифференциации компонентов по их подвижности и качество руд улучшается. Также облагораживает руду смена режима метаморфизма: прогрессивного на

регрессивный (типа диафтореза). Смена режима нередко сопровождается разрывом сплошности, жилообразованием, ростом структурно рыхлых кристаллов золота.

Одна из основных особенностей рассматриваемой группы месторождений — их масштабность. А некоторые представители являются лидерами золотодобывающей отрасли: Сухой Лог (Россия), Мурунтау (Узбекистан), Хомстейк (США). Это определяется масштабностью ранних стадий рудообразования (седиментации, диагенеза, метаморфизма). Руды таких объектов в основном труднообогатимые, но специальные методы обогащения для них разработаны. Как уже говорилось, в ходе метаморфического воздействия может происходить облагораживание (улучшение обогатимости) руд. Не случайно лучшие показатели обогащения имеют руды из метаморфизованных вмещающих пород, чем из неметаморфизованных черных сланцев.

Проиллюстрируем это на примерах.

*Майское месторождение* отличается слабой степенью регенерации золото-сульфидной минерализации и изменения рудоносных вмещающих углистых алевропелитовых пород, хотя исследователями (М.М.Константинов, А.В.Волков и др.) оно относится к экзоконтактной зоне Куkenейского массива гранитоидов, характеризующегося олово-вольфрамовой и полиметаллической минерализацией. При такой интерпретации взаимоотношений регенерация должна бы иметь массовый характер. Но А.В.Волковым выделения более молодого и более крупного золота отмечались эпизодически. Во всяком случае, руды месторождения являются упорными, требуют применения специальных методов обогащения, поэтому гравитационные и флотационные не дают удовлетворительных результатов.

*Агние-Афанасьевское и Покровско-Троицкое месторождения* (Пильда-Лимурийский золотоносный район Хабаровского края) также залегают в слабометаморфизованных черных сланцах, но структурно представлены

надинтрузивными куполами с широко развитыми трещинам отрыва, по которым развиты крустификационные жилы с хорошо извлекаемым гравитационными методами золотом. Качество руд улучшается.

*Наталкинское месторождение* (Центрально-Колымский район) характеризуется четкой приуроченностью к верхнепермской атканской свите, сложенной углеродистыми диамиками с существенной долей вулканогенного материала. Послойное прожилково-вкрапленное оруденение «вызревало» в ходе диагенеза и метаморфизма осадков, сопровождавшегося высвобождением золота из пиритов разных генераций и фосфатоносных конкреций. В результате образовались руды, пригодные для переработки с применением технологий обогащения 50-х годов прошлого века.

В соседнем рудном узле на месторождении Дегдекан детальными минералого-геохимическими работами ученых Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН) доказаны стадийность формирования месторождения и улучшение качества руды.

Разнообразные примеры седиментогенного накопления золота (Юрско-Брендакитское, Нежданинское и другие месторождения) в пределах Южно-Верхоянского синклинория охарактеризованы в работах М.М.Константинова [26,27].

Золотое оруденение в интенсивно метаморфизованных углеродистых алевропелитах представлено широко известными объектами Хомстейк, Мурунтау, а также месторождениями Приамурья — Токур, Маломыр и др.

На *месторождении Хомстейк* тонкослоистые углеродистые алевропелитовые осадки с биотитовой и амфибол-биотитовой изоградой метаморфизма на регрессивной стадии вдоль поперечных зон подверглись дополнительной складчатости, рассланцеванию, филлитизации, окварцеванию, сопровождавшимися образованием даек риолитов. Рудные тела залегают в горизонте тонкополосчатых хлорит-кварцевых, карбонат-кварцевых сланцев. В

результате наложенных процессов сульфиды перекристаллизовывались и золото высвобождалось.

*Месторождение Маломир* локализовано вдоль субсогласной (на границе кристаллических сланцев и их углистой разновидности) тектонической зоны, имеющей серию оперений типа конского хвоста. В метасоматических зонах до 70% золота находится в сростках с сульфидами, а в области сочленений тектонических зон, где развиты крустификационные жилы, содержание свободного (тонкого) золота возрастает до 80%.

На *Токурском месторождении* признаками релаксации сжимающих напряжений, сопровождающихся обогащением руд, являются адуляризация и крустификационные кварцевые жилы.

Таким образом, проблема рудоносности черных сланцев заслуживает специального изучения на базе современных технических средств для обоснования промышленного и генетического типа руд, рудной формации.



## ***Глава 2. Геологические условия формирования золотоносных формаций***

---

Согласно представлениям об эволюции процессов формирования Земли [7], черносланцевые комплексы могли образовываться на платформенном этапе в краевых прогибах позднепротерозойского возраста, затем на определенных этапах развития палеозойских и мезозойских геосинклинальных прогибов. В работе принята классическая тектоническая концепция, которую плейт-тектонисты называют фиксистской, но они ошибаются, т.к. она именно классическая, поскольку находится в соответствии и взаимосвязи со всеми отраслями геологической науки. Используются тектонические структуры, признанные в регионе. Они наиболее полно охарактеризованы в нашей работе 2000 года [43]. Формирование рассматриваемой золотоносной формации происходит в ходе развития геологических структур. Поэтому мы к ним и привязываемся.

На Дальнем Востоке позднепротерозойское золотое оруденение черносланцевого типа локализуется в Амуру-Охотской геосинклинально-складчатой системе, зажатой между Алданским щитом и Буреинским массивом. Типичным и масштабным объектом является Маломырское месторождение, кроме того, еще ранее эксплуатировались месторождения Токур, Харга, Албын, Афанасьевское. Руды трудно обогащаемые, но качество улучшается при наложении новых стадий гидротермального процесса (участок Кварцитовый, месторождения Маломыр). Наиболее известным объектом этого типа является месторождение Сухой лог.

Более представленными на Дальнем Востоке являются месторождения, локализованные в палеозойских и мезозойских прогибах. Они характеризуют различные геотектонические обстановки и схематически представлены на рисунках 1 и 2 (рис.1, 2).

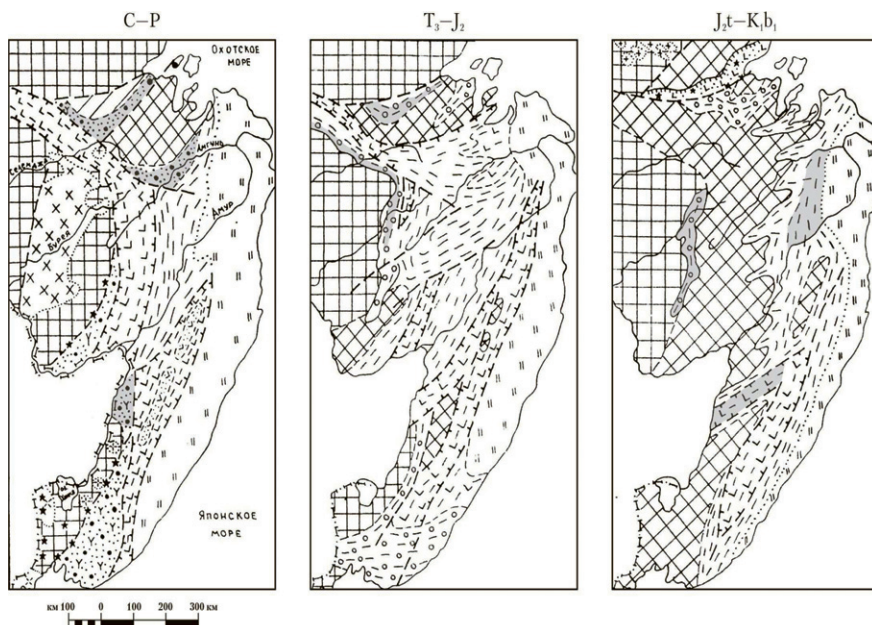


Рис. 1. Палеоформационные схемы позднего палеозоя (С-Р), позднего триаса-средней юры (Т<sub>3</sub>-J<sub>2</sub>), поздней юры-раннего мела (J<sub>3t</sub>-K<sub>1b1</sub>).

Условные обозначения представлены на Рис. 2

Помимо продолжившей свое формирование Амуро-Охотской геосинклинали, в среднем - позднем палеозое были заложены крупнейшие геосинклинальные системы Востока Азии - Сихотэ-Алинская, Верхояно-

Чукотская, вероятно, также Корякско-Камчатская, продолжилось (унаследованно) развитие большинства перикратонных прогибов, в качестве срединных оформились Буреинский и Ханкайский массивы.

Глубинный источник углерода и металлов в черносланцевых комплексах принят большинством исследователей под влиянием бесспорных фактов, полученных в процессе изучения выходов подводных гидротерм при морских исследованиях. Обращает на себя внимание тот факт, что ранние стадии развития геосинклинальных прогибов с масштабными признаками вулканизма не имеют признаков накопления углерода и металлов, в том числе золота, но более поздние комплексы, формирующиеся на заключительных стадиях формирования прогибов, содержат рудоносные черные сланцы. В качестве рабочих гипотез, нуждающихся в подкреплении фактами в ходе дальнейших исследований, предлагаются два допущения: 1) ранние стадии развития геосинклиналей, проходящие в условиях геодинамического сжатия, характеризуются мобилизацией структурно плотных элементов, в частности сидерофилов, а более поздние, постинверсионные, происходят с участием флюидов, получивших подвижность на этапе инверсии (разуплотнения); 2) углерод, металлы, в т.ч. золото, поступали в морскую воду и на ранних стадиях, быстро разбавлялись и не могли нарушить равновесие системы, к тому же сорбенты (глинистое вещество), способные принять углерод и металлы, отсутствовали. Только на постинверсионной стадии могло начаться формирование рудоносных черных сланцев.

Многие исследователи полагают, что заложение Сихотэ-Алинской геосинклинали произошло в силуре-девоне на докембрийско-раннепалеозойском основании (Н.А.Белявский, Е.Б.Бельтенов, Л.И.Красный, С.А.Салун и др.). По другим представлениям она развивалась в процессе эволюции океанического бассейна, существовавшего с глубокого докембрия (Н.П.Васильковский). Однако наши представления не допускают развитие геосинклинальных прогибов иначе, чем в перикратонном режиме [7].

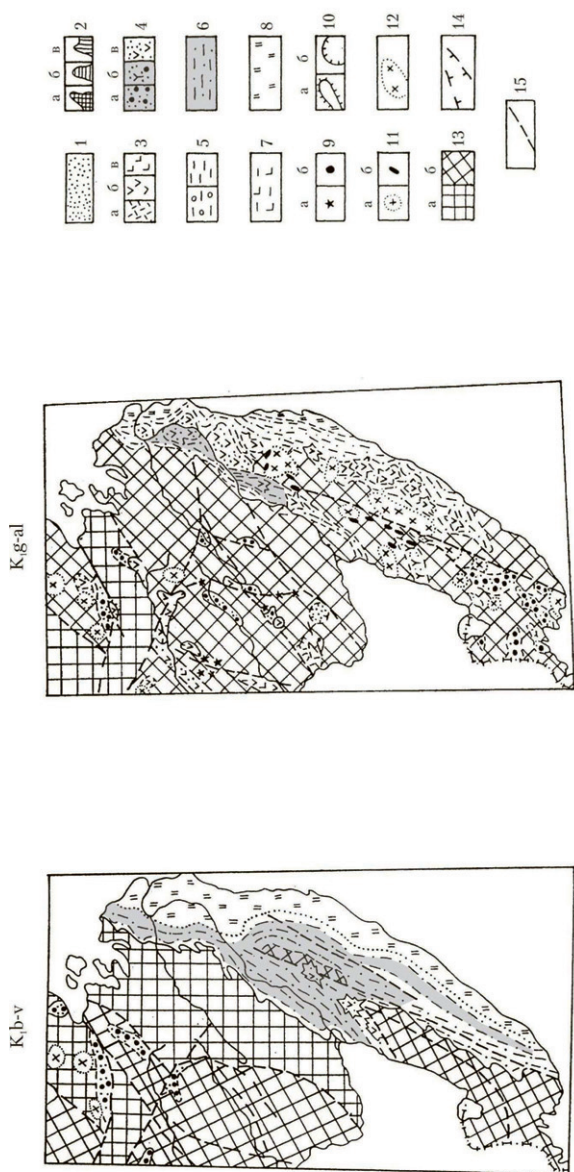


Рис. 2. Палеоформационные схемы раннего мела ( $K_1b-v$ ;  $K_1g-al$ ).

**1-7 геологические комплексы:** 1 - озёрно-аллювиальные; 2 - щелочно-оливин-базальтовый (a), базальт-трахибазальтовый (б), андезитовый (в); 3 - риолитовые (a), андезитовые (б), андезитобазальтовые (в); 4 - молаассовые и молаассоидные терригенные (a), терригенно-вулканогенные (б, в); 5 - сероцветные терригенные; 6 - флишоподные и флишевые терригенные (серый фон - золотоносные формации); 7 - кремнисто-терригенно-вулканогенные. 8 - океаническая область. 9 - центры субаэрального вулканизма (a), ультрафитовые интрузии центрального типа (б). 10 - вулканические хребты (a), прогибы и депрессии (б). 11 - нескрытые интрузии гранитоидные (a), базит-гипербазитовые (б). 12 - зоны глубинного разуплотнения коры. 13 - области интенсивных (a) и умеренных (б) поднятий. 14 - границы рифтогенных зон. 15 - главные разломы.

Документально развитие южной части геосинклинали фиксируется с раннего девона, северной - с раннего карбона формированием кремнисто-вулканогенно-терригенного комплекса мощностью от 3.7 до 9 тыс. м. На севере геосинклиналь смыкалась с Амуро-Охотской структурно-формационной зоной (СФЗ), в которой Джагдинская СФЗ в среднем палеозое замкнулась, а в позднем палеозое геосинклинальный режим возобновился формированием в Туксинской СФЗ вулканогенно-кремнисто-терригенного комплекса мощностью до 3.5 тыс.м. Юго-восточным продолжением названной зоны явились Кербинская и Ниланская с аналогичным выполнением, которые на юге смыкаются с собственно сихотэалинскими зонами.

В Сихотэ-Алинской геосинклинальной области рифтогенно-геосинклинальные зоны (Прибуреинская, Центрально-Сихотэ-Алинская) сочетались с терригенными. Рифтогенные зоны сложены кремнисто-вулканогенно-терригенными комплексами мощностью до 5-8 тыс. м. Эти зоны характеризуются сопряженным развитием вулканических поднятий и грабенов с широким распространением в последних конседиментационно-брекчиевых образований.

В конце перми Центральная рифтогенная зона испытала сжатие и частичную инверсию с образованием цепи островных поднятий протяженностью порядка 400 км. Выражением поднятий явилось формирование сопряженных поздних прогибов алевроито-глинистого заполнения с углеродистостью.

Северо-Восточные регионы в среднем - позднем палеозое характеризуются завершением формирования перикратонных прогибов, тектоно-магматической активизацией некоторых срединных массивов, в позднем палеозое - наступлением геосинклинального режима поздней стадии с черносланцевым заполнением, охватившего огромные площади.

Комплексы перикратонных прогибов на Северо-Востоке в конце девона испытали сжатие и поднятие, относительно интенсивную складчатость,

существенно нарастили по мощности континентальную кору терригенно-карбонатным ярусом в обрамлении платформы и срединных массивов.

Позднепалеозойский этап на Северо-Востоке характеризуется развитием Верхояно-Чукотской и Корякско-Камчатской геосинклинальных систем.

В Яно-Колымской ветви Верхояно-Чукотской геосинклинали в позднем палеозое происходило накопление миогеосинклинальных терригенных, в том числе черносланцевых, местами с участием карбонатных, отложений значительной мощности: в северо-западной части ветви мощность каменноугольных осадков достигает 3800-6800 м, пермских - 3000-4700 м; в ЮВ районах (Бохапчинский, Балыгчанский) пермские отложения имеют мощность 3000-6800 м.

Миогеосинклинальные толщи верхнего палеозоя Верхояно-Чукотской системы играют важную металлогеническую роль: в зонах повышенной дислоцированности и насыщенности углеродистым веществом они вмещают стратиформного типа золоторудные и полиметаллические месторождения.

Мезозойско-раннепалеогеновые формации и комплексы весьма разнообразны, связаны с различными геотектоническими режимами, из которых главное значение имели геосинклинальный, островодужный и активных континентальных окраин.

Для Амурской геосистемы намечаются следующие вехи развития в продолжение мезозойско-раннепалеогенового мегацикла:

$P_2$  -  $T_1$  - тектоно-магматическая активизация восточной части Буреинского массива.

$T$  -  $K_1$  - геосинклинальное развитие Амуро-Охотской и Сихотэ-Алинской систем.

$K_1$  - развитие островодужного режима в Сихотэ-Алинской геосинклинали; формирование Срединно-Буреинской, Северо-Буреинской и заложение Хингано-Охотской рудно-магматических систем (РМС).

$K_1$  -  $P_1$  - формирование Хингано-Охотской, Нижне-Амурской и Сихотэ-Алинской РМС.

Для северо-западной части Буреинского массива, а также восточной Ханкайского в течение триаса-юры характерен режим пассивных континентальных окраин с накоплением мощных (до 8 тыс. м) углеродистых песчано-алевролитовых осадков.

В северо-восточной и восточной частях Амурской геосистемы триас-юрский цикл проявлен дальнейшим развитием Амуру-Охотской и Сихотэ-Алинской геосинклинальных систем.

Амуру-Охотскую систему представляют Унья-Бомская, Ульбанская и Усть-Амурская СФЗ. Унья-Бомскую зону в западном направлении продолжает цепь линейных грабенов с молассоидным терригенным выполнением, севернее Ульбанской зоны развивались прогибы типа перикратонных также с терригенным выполнением (Удской, Торомский). Триас-юрские образования Усть-Амурской СФЗ почти полностью перекрыты континентальными вулканитами позднего мела и кайнозоя. Они обнажены в эрозионных окнах и тектонических блоках, в которых геосинклинальный комплекс мощностью более 400-900 м на 80-90% представлен вулканитами основного состава с подчиненными пластами и пачками кремней, алевролитов, силлами габбро-диабазов и габбро-пироксенитов, дислоцированных совместно с вмещающими породами.

В целом для Амуру-Охотской геосинклинали отметим следующее: западные зоны - Унья-Бомская и частично Ульбанская, - заключенные между Сибирским и Амурским континентами, имеют рифтогенный характер; небольшие объемы в них базальтоидов указывают на слабую инверсию тектонического режима; в восточной части (Усть-Амурская СФЗ) господствовал ранний геосинклинальный режим.

Отложения Унья-Бомской и ассоциирующие с ней более древние геосинклинальные комплексы вследствие сближения в поздней юре (а еще ранее в конце раннего палеозоя и в поздней перми) Сибирского и Амурского континентов подверглись сжатию и дислокационному метаморфизму, в



процессе которых образовались многочисленные рассматриваемые месторождения и рудопроявления метаморфогенно-гидротермального происхождения. С этими же процессами, носившими ритмичный характер, связано, по-видимому, также формирование месторождений и многочисленных проявлений ртутно-аргиллизитовой рудной формации.

Мезозойский цикл развития Сихотэ-Алинской геосинклинали включает Т - J<sub>2</sub> и J<sub>3</sub> - K<sub>1</sub> (берриас) этапы.

Т - J<sub>2</sub> этап представляют пространственно ассоциированные зоны развития кремнисто-вулканогенно-терригенной и песчано-алевролитовой углеродистой (сероцветной) формаций (см. рис.1). Западные зоны - Горинская, Западная, а также южное окончание геосинклинали характеризуются развитием сероцветных терригенных комплексов, фиксирующих собой обстановку пассивной континентальной окраины. Присущий Усть-Амурской СФЗ океанический режим распространялся, по-видимому, вдоль всей восточной окраины геосинклинали.

Кремнисто-вулканогенно-терригенная формация развита в Ванданской и Центральной зонах. Первая из зон представляет собой линейный (200×50 км) тектонический блок, «врезанный» в палеозойское складчатое основание. Линейный характер и тектонические ограничения имеет и протяженная (1000×20-75 км) Центральная зона. Начиная от нижнего течения р. Хор, эта зона имеет ответвление (Бикинская зона), облекающее с севера Ханкайский массив.

Названные зоны отличаются мощным (до 7 тыс. м) кремнисто-терригенным осадконакоплением и подводным базальтоидным вулканизмом, завершившимся внедрением субинтрузий трещинного типа. Вулканиды представлены базальтами, диабазами, гиадокластитами, иногда пикробазальтами. В субвулканической фации резко преобладают диабазы.

Трещинный характер вулканизма и субвулканического плутонизма, фациальная сопряженность вулкаников с горизонтами конседиментационных

брекчий - свидетельство формирования геосинклинального комплекса в условиях горизонтального растяжения земной коры. Масштабы растяжения последней, определенные путем суммирования по поперечным профилям мощности трещинных субинтрузий и линейных центров вулканизма, оцениваются в пределах 30-45 км.

На рубеже средней и поздней юры западная часть геосинклинали испытала поднятие и осушение. Таким образом, произошло расширение континентальной области по латерали, при этом палеозойский ярус коры настился раннемезозойским мощностью до 3 тыс.м.

Позднеюрско-берриасский этап развития Сихотэ-Алинской системы характеризуется, в основном, обстановкой пассивной континентальной окраины. В сократившей свою площадь геосинклинальной области, осложненной на месте замкнувшегося рифта линейным островным поднятием, накапливалась сероцветная терригенная толща мощностью от 800 до 2200 м, местами с проявлениями подводного базальтоидного вулканизма.

В южной части Центральной и Бикинской зонах сохранился рифтогенный режим с широким развитием базальт-трахибазальтового вулканизма. В составе рифтогенно-геосинклинальной толщи мощностью до 2000 м развиты туфогенные породы, туффиты, диабазы, базальты и их туфы. Завершают этап субинтрузии линейно-трещинного типа. Ареал таких субинтрузий охватывает Бикинскую зону, цепь подобных ареалов прослеживается вдоль восточной части Центральной зоны на протяжении 400 км. В составе субинтрузий преобладают ультраосновные породы - авгититы, мончикиты, меймечиты, тешениты, подчиненное значение имеют эссексит-диабазы и трахибазальты. В совокупности они представляют генетически единую серию известную под именем меймечит-пикритового комплекса.

В связи с геосинклинальными мезозойскими комплексами Сихотэ-Алиня известны лишь мелкие проявления родонит-родохрозитовых руд и колчеданной минерализации.

Таким образом, в продолжение мела - раннего палеогена в Амурской геосистеме господствующее значение имели процессы тектоно-магматической активизации, в результате которых образовались пространственно обособленные или сопряженные между собой крупные, наложенные на предшествующие, регионального масштаба тектоно-магматические структуры (РМС): Северо- и Срединно-Буреинская ( $K_1$ ), Хингано-Охотская ( $K_1 - K_2$ ), Нижне-Амурская и Сихотэ-Алинская ( $K_2 - P_1$ ). Они характеризуются как общими, так и индивидуальными особенностями своего глубинного строения, формационного состава магматитов и металлогенической специфики, которые в дальнейшем освещаются. Здесь лишь отметим, что в Северо- и Срединно-Буреинской РМС в связи с раннемеловой металлогенической стадией находится образование, главным образом, золотых и золото-серебряных месторождений и рудопроявлений при подчиненном значении месторождений и рудопроявлений меди и молибдена (порфировый тип). Для Хингано-Охотской РМС определяющей является позднемеловая металлогеническая стадия, продуктивная на олово, в подчиненной мере на Cu, W, Mo, F, Hg и некоторые другие рудные элементы. В Нижне-Амурской РМС с позднемеловой и раннепалеогеновой стадиями связаны месторождения и рудопроявления золота и алунитов при менее широком распространении проявлений Pb-Zn, Cu, Mo, Hg, Sb, RM. Профилирующие для Сихотэ-Алинской РМС месторождения W, Sn, Pb-Zn связаны с  $K_2 - P_1$  металлогенической стадией; существенное значение в данной системе имеют также месторождения и рудопроявления Au, Ag, Cu.

Среди разнообразных месторождений юрско-мелового возраста Алданского щита (амфибол-асбестовой, кварц-флогопитовой, чароитовой, бентонит-карбонатитовой, сынныритовой, молибден-порфировой рудных формаций) следует выделить месторождения и рудопроявления золото-кварцевой формации (куранахский и лебединский типы). Это масштабное золотое оруденение является праобразом месторождений типа Карлин, формирующегося в процессе регенерации сингенетического золота доломитовых толщ под воздействием магматизма и супергенных процессов [8].

Мезозойско-палеогеновый мегацикл северной и восточной частей Дальнего Востока представляют:

- геосинклинальные комплексы Верхояно-Чукотской и Курило-Камчатско-Корякской систем;
- островодужные комплексы, завершившие геосинклинальное развитие Верхояно-Чукотской системы и положившее начало островодужного режима в Курило-Камчатско-Корякской и Сахалинской системах;
- комплексы тектоно-магматической активизации, которыми образован Охотско-Чукотский магматогенный пояс.

В триасе-юре в Яно-Колымском звене Верхояно-Чукотской геосинклинали в приближенных к платформе районах накапливались континентальные, лагунные и прибрежно-морские песчаниковые отложения. Восточнее они сменяются песчано-алевросланцевыми, а еще далее, в обрамлении Колымского и Омолонского срединных массивов, они вновь имеют прибрежно-морской характер. В наиболее прогнутой части миогеосинклинального прогиба, вдоль его простираия, проявлены зоны динамотермального зеленосланцево-филлитового метаморфизма алевролит-аргиллитовых отложений с новообразованием в них серицита, хлорита, стильпномелана, биотита, альбита, и именно такие зоны вмещают метаморфогенно-гидротермальные и гидротермальные месторождения известного Главного золотоносного пояса Северо-Востока России.

В Чукотской ветви главное значение имеет триасовый, ритмично построенный граувакко-алевролит-сланцевый комплекс мощностью от 2000 до 3000-4000 м. Изредка комплекс включает прослой вулканитов основного состава, местами насыщен силлово-пластовыми субинтрузиями габбро-диабазов, несущих медно сульфидную минерализацию. В южной части Чукотской ветви, вдоль северной окраины Омолонского массива, прослеживается эвгеосинклинальная Южно-Ануйская СФЗ, сложенная вулканитами основного состава, филлитами, граувакками, кремнями ( $J_3$ ), филлитами и граувакками (неоком).

### ***Глава 3. Металлогеническое районирование территории Дальнего Востока и характеристика объектов***

---

В настоящем исследовании характеристика принятых металлогенических категорий [43] не приводится, отмечаются те особенности площадей, которые связаны с развитием продуктивных типов масштабного золотого оруденения рассматриваемого типа. Для общего представления о рудоносности рассматриваемой территории на рисунке 3 приводится схема металлогенического районирования (рис.3).

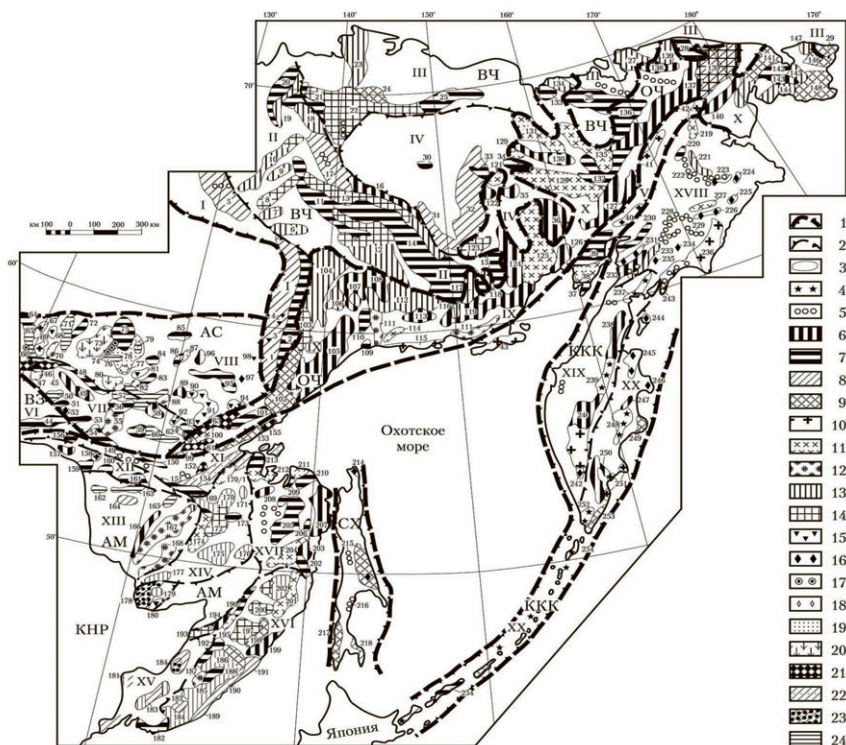
***Алдано-Становая провинция***, судя по широкому развитию графита в метаморфических комплексах и скоплениях графита типа месторождений, обладала черносланцевыми комплексами, которые в ходе многократных тектоно-магматических преобразований, разрушены, а золото «рассеяно» в виде многочисленных, но небольших месторождений. Частота встречаемости золотоносных объектов (0,2938) наивысшая среди других рудных проявлений провинции, и среди золотоносных объектов других провинций Дальнего Востока. Показатель экстенсивности также наивысший - 1,115. Крупномасштабное золотое оруденение локализовано в южной части провинции в виде полиформационных куранахского и лебединского типов

оруденений (прообраза невадийского типа), которые ранее были охарактеризованы в специальной работе [8]).

*Амурская провинция* в геолого-структурном отношении охватывает Амуро-Охотскую, Сихотэ-Алинскую складчатые системы, Буреинский и Ханкайский срединные массивы, это можно увидеть на рисунке 3 (рис.3).

В Амурской провинции выделены Буреинская, Ханкайская, Амуро-Охотская и Сихотэ-Алинская рудоносные системы. Черносланцевое золотое оруденение проявлено в Амуро-Охотской и Сихоте-Алинской системах.

Золотая специализация отчетливо выражена на территории Амурской области, что продемонстрировано на рисунке 4 (рис.4): (россыпи золота образуют фон, а рудные проявления представлены широким набором формаций, минералогических типов. Автор классификации (В.Д. Мельников) среди рассматриваемой формации выделяет две разновидности: токуритовая (собственно черносланцевая) и харгитовая (зеленосланцево-черносланцевая). Последняя выделена по названию Харгинского месторождения, отличающегося насыщенностью метаморфитов разреза силлами вулканитов, превращенных в зеленые сланцами. Амуро-Охотская система, также как и черносланцевый тип, характеризуется высокой экстенсивностью (0,9269), несколько уступающей этому показателю Алдано-Становой системы. Но по количеству объектов Амурская провинция - лидер (736 объектов) за счет большей площади. В.Д. Мельников посчитал, что на одно месторождение и рудопроявление золота в Верхнее-Амурском и Северо-Буреинском районах приходится 43 кв. км, т.е. экстенсивность возрастает до 22. Эта особенность определяет интенсивную россыпную золотоносность. Черносланцевый тип широко проявлен в восточной части системы.



**Рис. 3.** Схема металлогенического районирования территории Дальнего Востока России

**1-3** — Границы: **1**—металлогенических провинций; **2**—региональных рудоносных и рудно-магматических систем; **3**—металлогенических зон и рудных районов. **4-24**—Профилирующая рудоносность: **4**—самородной серы; **5**—ртутная и сурьмяно-ртутная; **6**—золото-серебряная; **7**—золоторудная; **8**—свинцово-цинковая; **9**—медно-свинцово-цинковая; **10**—меднорудная; **11**—медно-молибденовая; **12**—молибденовая; **13**—оловянная; **14**—вольфрам-оловянная; **15**—редкоземельная и редкометалльная; **16**—хромитовая и медноникелевая с платиноидами, **17**—редкоземельно-апатитовая; **18**—мусковитовых пегматитов; **19**—флогопитовая; **20**—горного хрусталя; **21**—апатит-ильменит-титаномагнетитовая; **22**—фосфорит-мар-ганцево-железородная; **23**—марганец-железородная, **24**—железородная.

#### Наименование золотоносных подразделений

Провинция	Возраст оруденения	Рудные районы, зоны
Сихотэ-Алиньская	<b>K<sub>1</sub></b> 156.159.160.161, <b>K<sub>2</sub></b> 203.205. 206. 209.213., <b>K<sub>2</sub>-P</b> 188.192. 196.210	188-Колумбе-Малиновская.192-Бикино-Уссурийская. 196-Анхой-Мухенская. 203-Верхне-Тумнинский. 206-Холанский. 205-Пильда-Лимурыйская.
Амуро-Охотская РС	<b>T</b>	150-Унья-Бомская. 151-Верхне-Селемджинская. 173-Кербинский
Яно-Колымская, Чукотская, Пенжино-Тайгоноская РС	<b>J- K<sub>1</sub></b>	14-Инъяли-Дебинская. 15-Верхне-Балыгычанский. 20-Бакы-Куларская. 25-Улахан-Тасская. 28-Куветский, Рывеевский. 37-Кенгевеевский. 39-Авековская.
Сетте-Дабанская, Колымо-Омолонская РС	<b>J- K<sub>1</sub></b>	2-Аллах-Юньская 22-Правокаменканский





В позднем мезозое в результате интенсивной ТМА были образованы наложенные на складчатые структуры обширные тектоно-магматические (рудно-магматические) системы - Срединно- и Северо-Буреинская, Хингано-Охотская, Нижне-Амурская, Сихотэ-Алинская, а также кайнозойские базальтоидные пояса. Каждая из систем характеризуется своими возрастными интервалами формирования, особенностями формационного состава магматических комплексов, теми или иными особенностями глубинного строения и эндогенной рудоносности.

В формировании Амуру-Охотской рудоносной системы основное значение имели геосинклинальные и дислокационные процессы, протекавшие в течение позднепротерозойско-раннепалеозойского, средне-позднепалеозойского и раннемезозойского мегациклов. Вмещающие «черные сланцы» преобразованы в кристаллические сланцы и филлиты, а в восточной части, в пределах Афанасьевского купола в пределах одноименного месторождения развиты гнейсы. Здесь Верхне-Селемджинский район развития рассматриваемого типа золотого оруденения состоит из четырех рудных узлов, структура этого типа золотого оруденения представлена на рисунке 5 (рис.5): Маломирского, Вернестойбинского, Токурско-Сагурского и Харгинского. Есть основания полагать, что условия для локализации оруденения были созданы в зоне снижения степени сжатия протерозойско-палеозойских структур Монголо - Охотской системы в 300 км западнее Маломирского месторождения.

В районе месторождения Маломир складчатость характеризуется средней степенью напряженности, что демонстрирует рисунок 6 (рис.6). Здесь рудовмещающий сланцевый комплекс заложен на метапесчаниках. Месторождение характеризуется самой высокой оценкой ресурсов на старте золотодобычи, но месторождение Токурское на старте оценивалось значительно ниже, а в настоящее время добыто уже более 30 т и перспективы оцениваются не ниже. Каждое из месторождений рассматриваемого типа в процессе эксплуатации имеет высокую вероятность увеличения запасов. Количество минерализованных зон в пределах рудного поля месторождения измеряется

десятками и сотнями, степень рудоносности их различная, не всегда размеры зон коррелируются с рудоносностью, а в случае регенерации небольшие рудные тела могут оказаться богатыми. Поэтому на геологической стадии изучения полностью рудное поле не оценивается, прежде всего, в виду большой трудоемкости, больших затрат времени и средств.

На примере рассматриваемых объектов Верхне-Селемджинского района (степень преобразования возрастает с запада на восток) можно сделать предварительный вывод - по мере повышения интенсивности наложенных (регенерирующих) процессов линейные размеры залежей уменьшаются, а степень концентрации золота возрастает, улучшается технология обогащения руд.

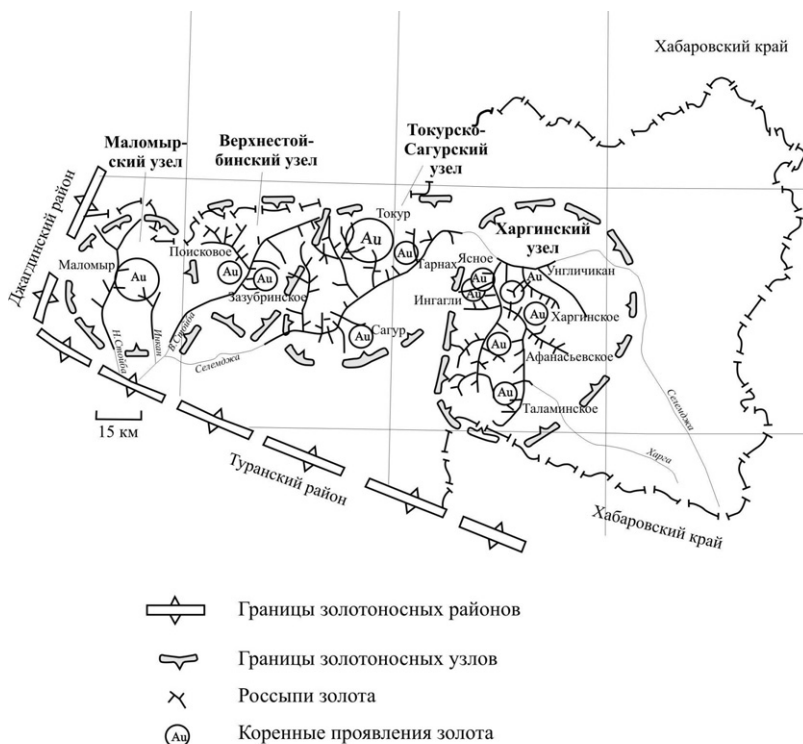


Рис. 5. Верхне-Селемджинский золотоносный район (Мельников, Полеванов, 1990)



Рис. 6. Маломирское месторождение (К. Ф. Клышко, 1982)

Полихронный характер носит и золотое оруденение Амуро-Охотской складчатой системы, в которой Унья-Бомский, Верхне-Селемджинский, Ниманский, Кербинский рудно-россыпные районы представлены месторождениями и проявлениями золота метаморфогенно-гидротермального гензиса. Их образование явилось, очевидно, итогом неоднократного ( $PR_2$ ,  $PZ_1$ ,  $PZ_2$ ,  $PZ_3$ ,  $J_3$ ) проявления коллизионных (Сибирская платформа - Буреинский массив) складчатых и разрывных дислокаций геосинклинальных комплексов,

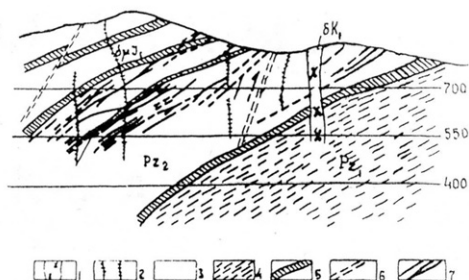
сопровождавшихся метаморфогенно-гидротермальными рудообразующими процессами. В соответствии с этим находится линейная и в целом согласная с простиранием геосинклинальных толщ конфигурация в плане рудных районов и однотипность геологии и минерализации рудных объектов. Все они приурочены к антиклинальным, большей частью куполовидным структурам геосинклинальных толщ, характеризуются «вспышками» золотоносности в узлах пересечений согласной (монголо-охотской) системы разломов с поперечными и диагональными. Выражено экранирующее значение в локализации оруденения надвигов, горизонтов углеродисто-алевропелитовых и зеленокаменных пород, метаморфизованных в условиях филлитовой - зеленосланцевой фации, преимущественно согласное с вмещающими породами залегание рудных тел, нарушающееся на участках рудоконтролирующей роли диагональных разрывов. На многих рудных полях широко распространены дайки диабазовых и диоритовых порфиритов ( $J_3$ ), штоки и дайки пострудных диоритов и монцодиоритов ( $K_1$ ). Под влиянием их происходило перераспределение золота в рудных телах: они обогащались золотом, повышались пробность и размер его частиц, иногда образовывались рудные столбы [33]). Рудные тела месторождений и проявлений представляют кварцевые жилы, частично также метасоматические кварциты. Руды, как правило, малосульфидные, принадлежат золото-кварцевому минеральному типу.

Большинство метаморфогенно-гидротермальных золоторудных месторождений Амуро-Охотской системы считаются малыми. Тем не менее, многие из них частично отрабатывались: Инаглинское, Афанасьевское, Харгинское и др. - в Верхне-Селемджинском рудном районе, Буровое - в Ниманском. Исключением является известное Токурское месторождение, эксплуатирующееся с 1941 г. (добыто 30 т золота, имеются перспективы наращивания запасов). Но и в пределах рудных полей упомянутых месторождений, считающихся малыми, возможно явление новых рудных тел, что продемонстрировано на рисунке 7 (рис.7).

# Литологическая колонка



# Разрез через центральную часть месторождения



1 - Дайки кварцевых диоритов; 2 - Дайки диабазовых и диоритовых порфитов; 3 - Песчано-глинистые отложения среднего палеозоя; 4 - Филлитизированные аргиллиты нижнего палеозоя; 5 - Маркирующие горизонты; 6 - Продольные разломы; 7 - Золото кварцевые рудные тела.

Рис.7. Положение в разрезе рудных залежей Токурского месторождения (по материалам Л.В. Эйриша, 1967г.)

Особенность Токурского месторождения состоит в том, что 90% его жил являются «слепыми». К числу перспективных относится Иннокентьевское месторождение, являющееся, по существу, продолжением на северо-запад Токурского рудного поля.

Представляет также интерес Маломирское месторождение (более метаморфизованный аналог сухоложского типа), в рудном поле которого изучена рудная залежь мощностью 14-49 м, протяженностью по простиранию 2000 м и по падению 280-350 м со средним содержанием золота 2.45 г/т. Лабораторный опыт кучного выщелачивания кусковой руды дал положительные результаты.

**Нижне-Амурская рудно-магматическая система** характеризуется широко известной и разнообразной золотоносностью. Металлогению системы определяют позднемеловой, раннепалеогеновый и эоцен-миоценовый тектоно-магматические циклы, характеризующиеся специфическими чертами

рудноносности. Помимо золота, профилирующим для системы является также алюминий в форме алунита, подчиненное значение имеют проявления, реже мелкие месторождения редких металлов, Mo, Cu, Pb-Zn, Sb, Hg.

Центральная часть системы представлена Пильда-Лимурийской зоной серии позднегеосинклинальных пригибов с широким развитием углеродистых алевро-пелитов, являющихся основой золоторудой черносланцевой системы. Обычно раннемеловые алевролитовые и сланцевые толщи (пионерская свита) обогащены углеродом до 1-3%. Но это, как уже отмечалось, только мало подвижная часть углерода. Подвижные компоненты отжаты в ходе литификации, диагенеза и метаморфизма. Ареальное развитие интрузий диорит-гранодиоритовой формации и комплекса малых интрузий и даек пестрого состава в дифференцированной тектонической среде определяет узловое распределение регенерированного оруденения. Гранитоиды характеризуются натровым типом щелочности, в целом слабой дифференцированностью, чем и заслужили собственное имя - нижеамурский комплекс. Мощность коры здесь промежуточная (36-38 км). Оруденение слабо дифференцировано: в одном ареале (очаге) наряду с золотом могут присутствовать вольфрам, бериллий, с одной стороны, и халькофилы (мышьяк, сурьма, свинец, цинк) - с другой. Золотое оруденение в основном относится к кварцевому минеральному типу, подчиненное значение имеют месторождения и рудопоявления золото-сульфидной ассоциации. Вдоль границ Пильда-Лимурийской зоны развиты вулканические зоны (Ульбанская, Эвурская, Тумнинская, Нижне-Амурская), вмещающие близповерхностные рудные объекты, ассоциированные с локальными интрузивно-вулканическими структурами и мелкими интрузиями диорит-гранодиоритовой формации ( $K_2$ ). Им соответствуют очаговые зоны с повышенной мощностью земной коры; гранитоиды таких очаговых структур имеют калиево-натриевый тип щелочности. Такова позиция Многовершинного, Холанского, Дыльменского месторождений, а также значительного числа молибденовых и медно-молибденовых рудопоявлений (Джапинский, Ульбанский, Тумнинский рудные районы); к окраинным относятся

многочисленные проявления ртутно-аргиллизитовой формации Эвурской и Тумнинской зон. Занимающая восточное краевое положение в системе Нижне-Амурская вулканическая зона вмещает почти все месторождения алунитов и, кроме того, включает позднепалеогеновые золоторудные объекты эпitherмального типа.

В целом для Нижне-Амурской РМС можно сделать вывод о слабой дифференцированности земной коры, отразившейся соответственно на особенностях магматизма и рудоносности

При кажущемся однообразии золоторудных проявлений Пильдо-Лимурийской зоны, выражающемся тяготением к золото-кварцевой слабо сереброносной формации, небольшими масштабами, но достаточно широкой проявленностью в связи с гранитоидами нижеамурского комплекса, детальное рассмотрение их свойств обнаруживает существенные отличия ряда объектов. Но объединяющим свойством является черносланцевый характер рудовмещающей и рудогенерирующей толщи. Отмечавшаяся выше слабая степень дифференциации рудных компонентов в золотоносных системах выражается «зараженностью» руд, с одной стороны, литофильными элементами (вольфрам - Большереченское и Учаминское месторождения, бериллий - Учаминское месторождение), а с другой стороны, халькофильными (сурьма - Дяппе, Ситогинское, Дидбиран и др., молибден - Большереченское, Омальское, Херпучинское и др., мышьяк, сульфиды железа - Учаминское и др.). Многие исследователи давно обращали внимание на признаки «сухоложского» типа оруденения (линзовидные, гнездовидные и прожилковые обособления кварца, рассеянная вкрапленность арсенопирита и пирита - 1.5-4.0%, очевидно, сингенетичного). В этих случаях золоторудные тела содержат платиноиды до 1.5-7.9 г/т (Агние-Афанасьевское месторождение). Обогащенным платиной является пирит - до 12.4 г/т месторождений [36]. Золотоискатели XIX века обращали внимание на связь шелковистых («матерьяновских», названных по названию месторождения золота) сланцев с россыпями золота и использовали их как поисковый признак. Автор весь Пильда-Лимурийский район рассматривает

как типичного представителя черносланцевой генетической группы низкой степени метаморфизма, с широко проявленной очаговой регенерацией под воздействием малых интрузий слабо дифференцированных гранитоидов. В таких условиях среди флишоидных рудогенерирующих толщ образуются мелко жильные поля с десятками и сотнями объектов (за счет множественности источников рудного вещества). Но в случае локализации оруденения в послынной зоне или в косо секущих ослабленных зонах (зон дробления тектонических нарушений и т.п.) образуются крупные рудные залежи (месторождения Учаминское, Албазино).

При регенерации образуется золото-кварцевый минеральный тип гипабиссального уровня глубинности (Албазино, Октябрьское, Покровско-Троицкое, Агние-Афанасьевское месторождения и ряд рудопоявлений).

На примере объектов Пильда-Лимурийского района можно видеть возрастание оценки объектов по мере их изучения, о чем раньше уже говорилось (многочисленность залежей, наличие слепых рудных тел, трудоемкость изучения).

На Албазинском месторождении, выявленном в 1961 г., установлены две меридиональные зоны, сложенные кварц-серицитовыми метасоматитами по осадочным и дайковым породам, а также брекчиями с хлорит-серицит-гидрослюдисто-кварцевым цементом. Рудные тела мощностью от 3.5 до 13 м содержат золото в среднем от 5.7 до 21.1 г/т. Запасы месторождения оценены 1255 кг золота.

В процессе детализации и доизучения в 1990-93 г. (А.Курочкин), оценка рудного поля месторождения по золоту достигла 40 т.

После перехода лицензии на месторождение в собственность ЗАО «Полиметалл» в 2006 году темпы работ на месторождении возросли и на 01.01.2012 г. ресурсы месторождения возросли почти до 80 т, а в настоящее время они составляет 177 т. Здесь рост ресурсов непосредственно связан с объемами и составом работ (горно-буровые).



Другие объекты Пидьда-Лимурийского района изучены несравнимо слабее, но и здесь можно видеть возрастание оценки при проведении работ только за счет количества информации и глубины анализа фактического материала.

Рассмотрим их на примере Покровско-Троицкого и Учаминского месторождений, отличающихся по морфологическому типу.

#### *Покровско-Троицкое месторождение*

Золотоносный узел входит в состав Пидьда-Лимурийского района, охватывая междуречье Мал.Битки – Джатка – Есенга. Узел приурочен к Джатско-Бичинской и Покровской зонам разломов северо-восточного простирания и вытянут в этом направлении на 30 км при ширине 12 км. На всем протяжении эта площадь насыщена рудными телами, рудопроявлениями, точками минерализации, геохимическими ореолами. Исключение составляет северо- восточная часть площади, сложенная гранитоидами и практически лишенная минерализации.

Площадь узла сложена раннемеловыми терригенными осадочными образованиями, представленными существенно песчаниковой горинской свитой мощностью до 1500 м и флишoidными отложениями пионерской свиты (рудогенерирующей) мощностью около 500 м. Они слагают северо-западное крыло крупной антиклинальной структуры северо-западного простирания, осложненного складками высоких порядков с крутым падением крыльев, что продемонстрировано на рисунке 8 (рис. 8).

К антиклиналям второго порядка приурочены выходы позднемеловых интрузивных пород, представленных умеренно кислыми и существенно натровыми тоналитами, диоритами, гранодиоритами; широко развиты позднемеловые и палеоценовые дайки гранодиоритов, гранодиорит-порфиров,

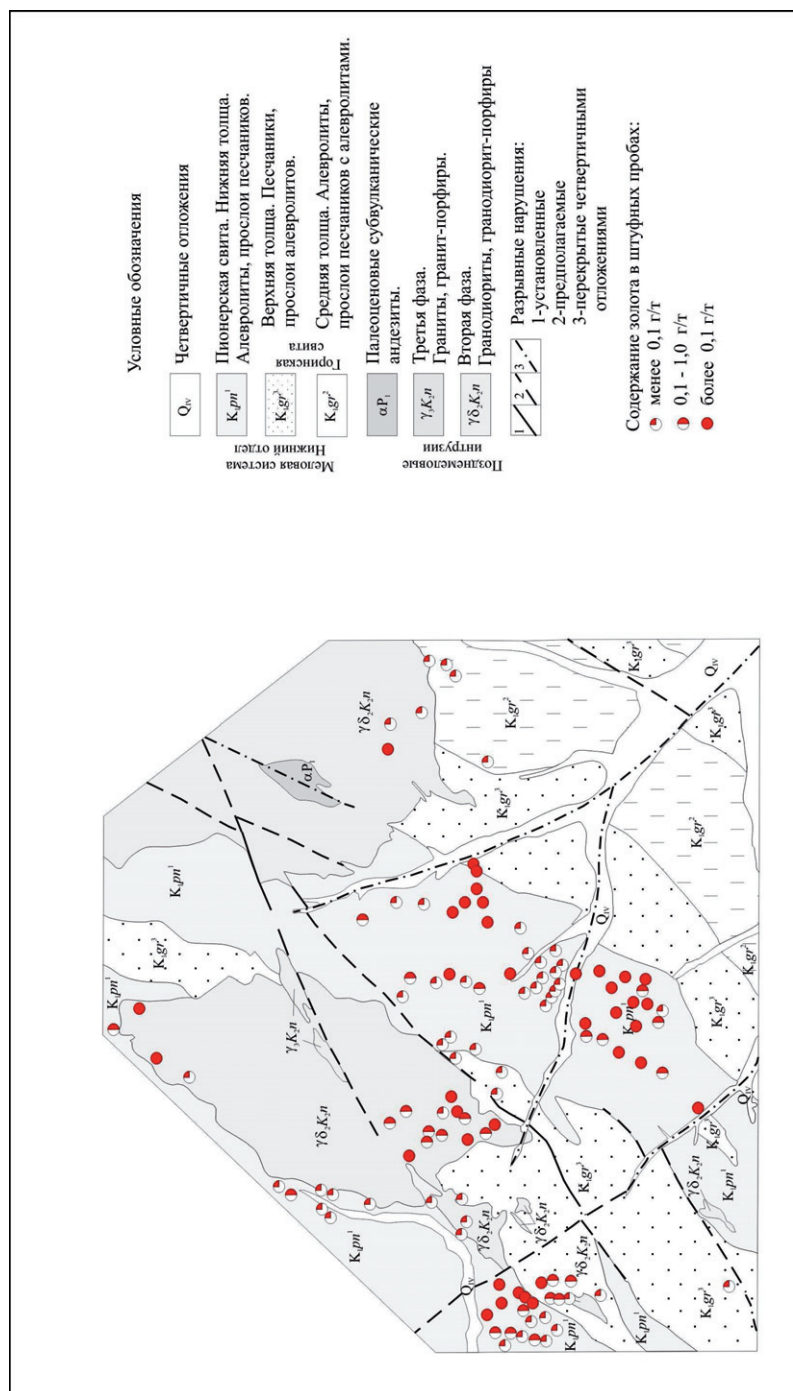


Рис. 8. Рудное поле Покровско-Троицкого месторождения (по данным А. Н. Минаевой, 1987)

гранитов, гранит-порфиров, аплитов, пегматитов, микродиоритов, андезитов и дацитов, большинство из которых ориентированы на северо-восток. На значительной площади в пределах узла развиты роговики и ороговикованные породы.

В осадочных отложениях выявлены зоны прожилково- и метасоматически окварцованных сульфидизированных и серицит-кварцевых пород с кварцевыми и кварц-сульфидными жилами и прожилками. К измененным породам приурочены месторождения рудного и россыпного золота, многочисленные проявления и пункты минерализации. Рудная золотоносность узла известна с 1912 г. Геологические работы 30-х годов привели к открытию крупных россыпей в долинах р.р. М. Битки, Джатка и их притоках, из которых добыто около 15 т золота, а в 1937 г. - Покровско-Троицкого золоторудного месторождения.

За период проведения разведочных (1942-56 гг.) и эксплуатационных (1942-58 гг.) работ на месторождении и в его окрестностях на площади 14 км<sup>2</sup> пройдено поверхностных горных выработок 151 тыс. м<sup>3</sup>, подземных 31 тыс. м, скважин подземного бурения 3,7 тыс. м, добыто 4,2 т золота. Общее количество выявленных кварцево-жильных рудных тел на месторождении 135, из них 42 жилы разведывались штольнями (30 на участке Троицком), по 12 рудным телам велась добыча руды.

В 80-е годы на площади узла проведены геолого-съёмочные работы масштаба 1:50 000, и поисковые масштаба 1:25 000 на площади рудного поля месторождения.

Рудное поле представляет собой блок интенсивной трещиноватости, окварцевания, серицитизации, сульфидизации флишоидных образований пионерской свиты, образующих сложно дислоцированную антиклинальную складку 3-го порядка, рассеченную многочисленными разрывными нарушениями. Оруденение связано с кварцевой прожилково-жильной минерализацией и относится к золото-кварцевому минеральному типу малосульфидному, тонко прожилковому.

Рудные тела, а к ним относились кварцевые жилы с содержанием золота 20 г/т и более, прослеживались канавами через 10 м, сплошность оруденения изучалась по простиранию траншеями и шурфами на глубину 10-15 м.

На глубоких горизонтах рудные тела разведывались и эксплуатировались до глубины 300 м (гор. 646-346 м) штольным способом горизонтами через 30-40 м. Нижние подштольневые горизонты изучались небольшим количеством скважин подземного колонкового бурения на глубину 70-100 м, гезенками и уклонами. По падению оруденение прослежено на глубину до 350-370 м. Нижняя граница развития оруденения не установлена.

Протяженность рудных тел по простиранию до 400-500 м, по падению до 150-350 м, мощность 0,02-1,2 м, средняя 0,25-0,35 м. Установлено три типа жил: согласные с напластованием вмещающих пород северо-восточного простирания с падением на северо-запад или юго-восток под углами 60-80°, секущие жилы субмеридионального простирания с крутыми углами падения 70-90° на северо-восток или юго-запад, отличающиеся более сложной морфологией в связи с большим количеством пострудных мелких разрывных нарушений; полого падающие короткие, маломощные жилы в северо-западной части участка Покровского, очень слабо изученные. Морфология жил сложная с пережимами, раздувами, апофизами, тонкопрожилково-сетчатыми интервалами.

Распределение золота в рудных телах неравномерное, бонанцовое, столбообразное, длина их по простиранию 50-100 м, по падению в 2-2,5 раза большая.

Руда кварцевая с содержанием сульфидов до 2-3%. Из сульфидов преобладает пирит (90%), присутствуют арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, очень редко отмечаются антимонит и киноварь. Золото свободное, видимое в кварце, очень редко в галените и пирите и в сростании с ними. Преобладающий размер золотин 0,05-1 мм, редко до 2 мм. Проба золота 705. Распределение золота в жилах неравномерное с образованием гнезд с содержаниями до 2-4 кг/т.

За период эксплуатации в 1948-56 гг. среднее содержание золота в добытой руде из 12 рудных тел составило 70,4 г/т при вариациях по телам от 41,7 до 286,8 г/т. При переработке кварцевых руд на бегунных чашах извлечение золота амальгамацией составило 70-85%.

При консервации рудника были списаны забалансовые запасы руды в количестве 103 тыс. т с содержанием 11 г/т, золота 1132 кг.

Пересчет запасов, произведенный ЦНИГРИ по состоянию на 01.01.1965 г., по 20 разведанным и бывшим в эксплуатации рудным телам определил запасы кат. В+С<sub>1</sub> руды в количестве 44 тыс. т с содержанием 34 г/т, золота 1480 кг.

В связи с существовавшими высокими (завышенным) требованиями к качеству руды (содержание золота более 20 г/т) к разряду некондиционных были отнесены более 100 жил, изученных на поверхности канавами, и на глубине частично шурфами и штольнями, и 35 жил, вскрытых единичными канавами. Содержание в кварцевых жилах мощностью 0,1-0,8 м варьирует от знаков до 208 г/т, среднее содержание в отдельных жилах 4-40 г/т, в большинстве жил оно не определялось. Околорудные измененные вмещающие породы в большинстве случаев не опробовались.

Кроме тонкожилыного кварцевого высокопродуктивного оруденения, единичными пересечениями установлена золотоносность серицито-кварцевых сульфидизированных метасоматитов значительной мощности (до 100 м на левом борту ключа Покровского), зоны интенсивной трещиноватости, дробления и милонитизации мощностью до 4-5 м с гнездовым и тонкопрожилково-сетчатым окварцеванием, в которых содержания золота по данным штучного и редко бороздового опробования достигают 10 г/т. Этот тип оруденения изучен весьма слабо, в связи с чем имеются перспективы выявления рудных тел значительных объемов с рядовыми содержаниями золота (6-10 г/т) для открытой разработки.

### Масштабы золотоносности

В целом ресурсный потенциал рудного поля Покровско-Троицкого месторождения до глубины 500 м (горизонт 150 м) представляется в следующем виде: запасы категории В+С<sub>1</sub> 1,5 т (содержание золота 34 г/т); прогнозные ресурсы категории Р<sub>1</sub> 10 т для подземного способа разработки (содержание золота 40-70 г/т); категории Р<sub>2</sub> 15 т, в т.ч. для открытого способа разработки с содержанием 6-10 г/т.

На площади Покровско-Троицкого узла по результатам геолого-поисковых работ масштаба 1:50 000 выделяется ряд участков с благоприятными признаками локализации оруденения: геолого-структурной обстановкой, шлиховыми потоками золота с содержаниями 10-500 мг/м<sup>3</sup>, литохимическими ореолами с содержаниями золота 0,01-6 г/т, серебра 3-18 г/т, меди, свинца, цинка, молибдена, делювиальными свалами серицит-кварцевых, кварцевых метасоматитов с тонкопрожилково-кварцевой и сульфидной минерализацией, жильным кварцем, в которых штучным опробованием установлены содержания золота 1-6 г/т, серебра до 20 г/т, свинца до 1%, висмута 0,1%, мышьяка, меди 0,01%.

К ним относятся участки в приконтактной зоне массива гранитоидов и флишовой свиты в верховьях ключей Елового, Покровского, в истоках р. Есенги.

Наиболее изученным является участок Еловый, расположенный в 3 км к западу от рудного поля Покровско-Троицкого месторождения, где на площади 7 км<sup>2</sup> проведены поиски масштаба 1:10 000. Выявлены 4 зоны серицит-кварцевых метасоматитов и 14 кварцевых жил. Единичными канавами вскрыто 3 зоны и 1 жила. Простираение зон и жил северо-восточное, падение на северо-запад под углами 30-70°. Протяженность зон и жил от 100 до 300 м, мощность зон 20-70 м, жил до 1 м, содержание золота до 6 г/т.

Прогнозные ресурсы участка Елового до глубины 100 м оцениваются по категории Р<sub>3</sub> в количестве 15 т с содержанием 6-8 г/т для открытой разработки. Характеристика участка схематично представлена на рисунке 9 (рис.9).

На остальной территории центральной части Покровско-Троицкого узла можно прогнозировать 3-4 месторождения с ресурсами кат.  $P_3$  10-15 т. В связи с очень слабой степенью изученности прочих рудопроявлений расчетно можно подтвердить прогнозные ресурсы в количестве 10 т по рудопроявлениям Биринчан, Березовое и Уенга и еще 5 т не привязанных к объектам ресурсов.

Таким образом, прогнозная оценка Покровско-Троицкого рудного узла представляется в следующем виде:

Разведанные запасы категорий  $B+C_1$  - 1,5 т при среднем содержании золота 34 г/т;

Прогнозные ресурсы  $P_1$  – 10 т при среднем содержании 30 г/т;

Прогнозные ресурсы  $P_2$  – 15 т при среднем содержании 6 г/т;

Участок Еловый, ресурсы  $P_3$  – 15 т при среднем содержании 6 г/т;

Другие прогнозируемые участки,  $P_3$  - 15 т при среднем содержании 6 г/т.

Всего запасов и ресурсов 56, 5 т при среднем содержании 11 г/т.

Эти цифры не предельные. В ходе развития работ они могут возрасти как за счет увеличения средних содержаний, так и за счет выявления новых рудных тел. Кроме того, увеличение масштабов оруденения возможно за счет снижения требований в бортовому и минимально промышленному содержаниям (соответственно до 1 г/т и 4 г/т) за счет прирезки оруденелых зальбандов жил до 20 т по месторождению. При этом существует перспектива включения в контур руд платиноносных зальбандов.

Следует указать, что на геологической стадии изучения и при эксплуатации (в сороковые и начале пятидесятых годов) основным методом опробования был минералогический: из видимой части жил и зон прожилков отбиралась пробы, взвешивались, после дробления промывались на лотке, золото из шлиха выделялось, взвешивалось и определялось его содержание в пересчете в граммах на 1 тонну. Зальбанды вообще не опробовались. Нетрудно увидеть, что только за счет опробования запасы месторождения могут быть заниженными минимум на 20-30%.

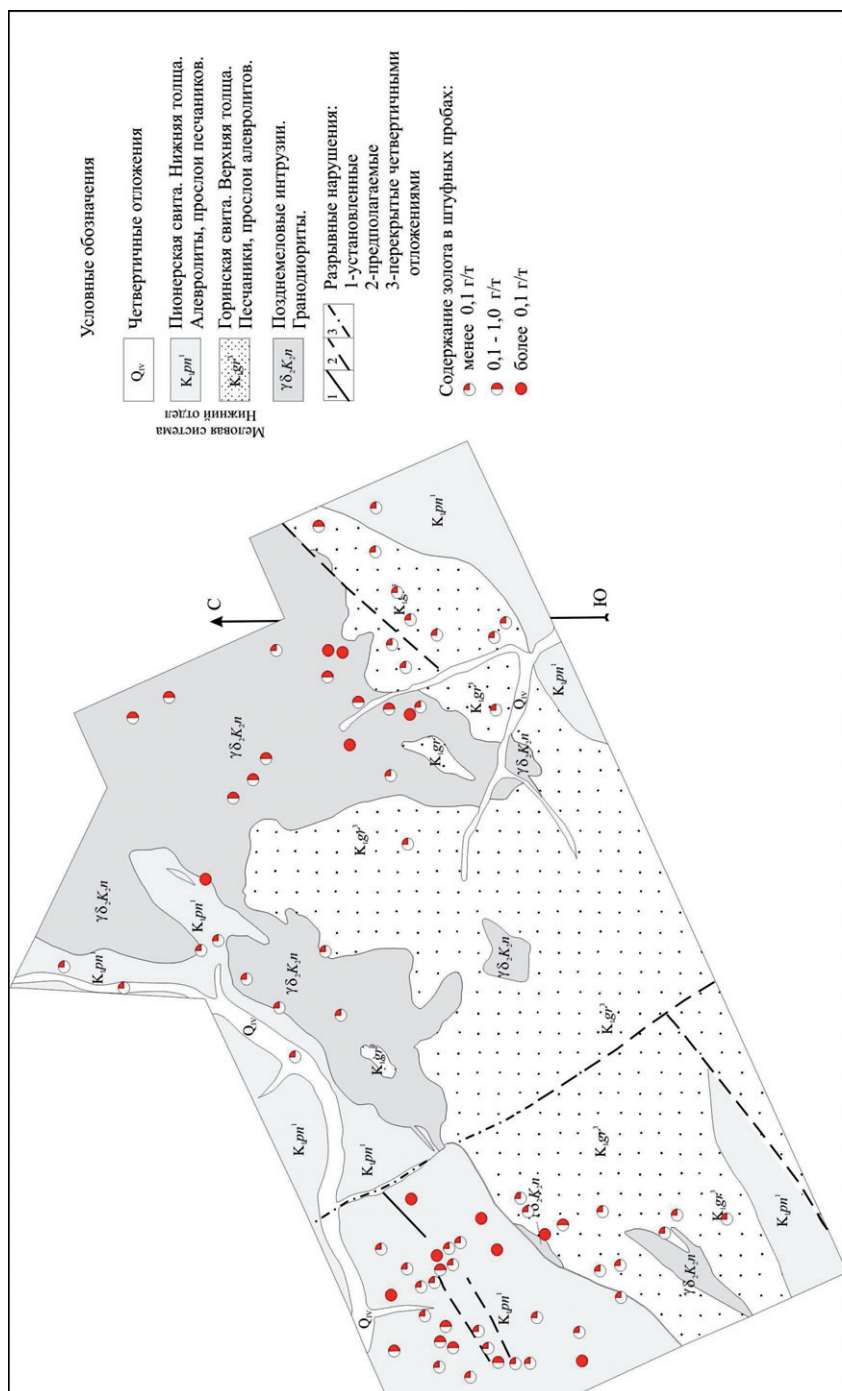


Рис. 9. Участок Заячий (по данным А. Н. Минаевой, 1987)

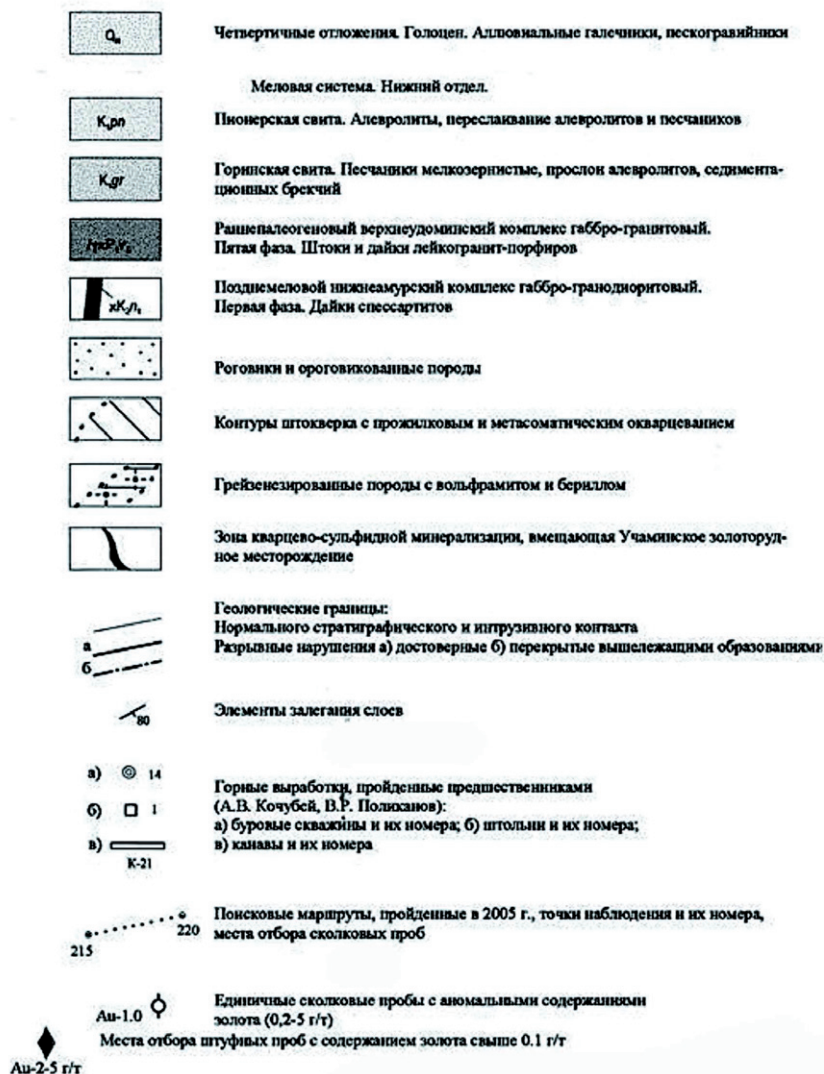


### *Учаминское месторождение*

Месторождение изучалось в начале пятидесятых годов (А.В. Кочубей. В.Р. Поликанов). При проведении в последующие годы (но до формирования представлений о черносланцевом типе золотого оруденения) поисковых работ в окрестностях месторождения никаких новых проявлений не было выявлено. Пересматривая теперь результаты работ прошлых лет, можно по косвенным (стратиграфический уровень рудовмещающих пород, тектонические разломы) и прямым (шлиховые пробы в аллювии, геохимические аномалии, обломки измененных пород) признакам оконтурить рудное поле Учаминского месторождения, перспективное на выявление новых рудных зон этого типа оруденения. Эта площадь составляет 80 кв. км. Суммируя протяженность перспективных интервалов тектонических структур (более 5 км) и распространяя продуктивность изученной части Учаминского месторождения, можно дать прогнозную оценку всего рудного поля по золоту в 50 т. При проведении в 2005- 2007 г.г. геологического доизучения листа М-54-1 (В.А. Кайдалов, 2007) в незначительных объемах было проведено изучение штокверковой минерализации на вольфрам-бериллиевом проявлении (обособленный объект, связанный с выходом гранитов в 1,0 км от рассматриваемого месторождения). Работы не привели к принципиальной переоценке рудного поля. Положительное значение имеет прослеживание на юг структуры Учаминского месторождения более, чем на 1000 м, что увеличивает его перспективы. В.А. Кайдаловым собственно Учаминское месторождение оценивается в 18 т по категории Р<sub>3</sub>. Таким образом, месторождение можно рассматривать как промышленный объект. На рисунке 10 (рис.10) представлена геологическая карта Учаминского месторождения.

Учаминское золото-мышьяковое месторождение расположено в Ульском административном районе на водоразделе р.р. Пильда и Лимури в старинном золоторудном районе.





Условные обозначения  
к геологической карте Учаминского месторождения

Ближайший населенный пункт – пристань Киселевка на Амуре (180 км. ниже Комсомольска-на-Амуре), с которой объект связан грунтовыми дорогами протяженностью около 50 км

Месторождение выявлено в 40-х годах и в 1951-1952 г.г. разведывалось канавами через 100 м, скважинами на 4-х профилях и 4 штольнями длиной до 300 м через 28-32 м по вертикали. Месторождение залегает в терригенных отложениях нижнего мела, относящихся к Амгуньскому синклинию. Оно контролируется меридиональной зоной взбросо- надвига с восточным падением и приурочено к лежащему боку тектонитов, залегающих в пласте глинистых

Учаминское золото-мышьяковое месторождение расположено в Ульчском административном районе на водоразделе р.р. Пильда и Лимури в старинном золоторудном районе.

Ближайший населенный пункт – пристань Киселевка на Амуре (180 км. ниже по течению г.Комсомольска-на-Амуре), с которым объект связан грунтовыми дорогами протяженностью около 50 км

Месторождение выявлено в 40-х годах и в 1951-1952 г.г. разведывалось канавами через 100 м, скважинами на 4-х профилях и 4 штольнями длиной до 300 м через 28-32 м по вертикали. Месторождение залегает в терригенных отложениях нижнего мела, относящихся к Амгуньскому синклинию. Оно контролируется меридиональной зоной взбросо-надвига с восточным падением и приурочено к лежащему боку тектонитов, залегающих в пласте глинистых сланцев среди песчано-алевролитовых отложений горинской свиты нижнего мела. Рудная зона сульфидно-кварцевого состава расщепляется в средней и северной частях на две - Главную и Параллельную, залегающую в 10 м от нее, и имеющую ряд расщеплений и ответвлений второго порядка. Жильная зона Главная на юге прослежена до вклинивания, на севере распространение обеих зон не оконтурено. Общая длина прослеженного оруденения 1,45 км. На фалангах и местами в зальбандах зона сопровождается сетью оруденелых прожилков. Мощность зоны Главной изменяется от 0,8 до 6,5 м. Преобладает 1,5 и 3,0 м., среднее 2,13 м. Оруденение вскрыто рельефом на глубину до 300 м

(абс. отм. 505-810 м), под урезом ручья на глубину 350 м (абс. отм. 320 м) изучено скважинами. Общая установлена протяженность оруденения на глубине составляет 500 м. На горном склоне на отметке 810 м оруденение выклинивается, но минерализация прослеживается и дальше. Интервал слепого оруденения составляет 200 м. Верхняя часть вскрытого оруденения (20 м под ручьем и до 130 м. на склоне) подвержена интенсивному окислению с практически полным переходом сульфидов в окислы, карбонаты и сульфаты металлов. Все штольни пройдены в окисленных рудах.

Состав рудных зон: кварц брекчиевидного облика (20-40 %), флюорит (до 5%) и сульфиды (60-80 %), представленные пиритом и пирротином с примесью арсенопирита (5-25 %), сфалерита, галенита, халькопирита (0,5-2 % каждого), блеклыми рудами, буланжеритом, станнином (0,11%), самородным висмутом и касситеритом (знаки). Золото мелкое, чаще не видимое (60 % менее 270 меш.) образует в основном сростки сульфидами. В отвалах штолен среди мелко раздробленного материала окисленных руд в 2002 году автором в отмытом шлихе выделены зерна платины.

По данным разведки (А.В. Кочубей и др., 1955г.) руды делятся на балансовые категории В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> и забалансовые С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>. Данные о составе и запасах окисленных и первичных руд по названным группам приведены ниже. Согласно полученным данным основная часть балансовых руд, окисленная с содержанием золота 8,6 г/т и серебра 79,4 г/т с запасами металлов соответственно 2,27 т и 24,87т и сульфидных с содержанием 6,8 г/т и 54,9 г/т соответственно 0,477 т и 3,95 т. Наиболее богатые руды залегают на горизонтах 500-760 м.

К забалансовым рудам А.В.Кочубеем отнесены в обеих жилах руды с содержанием золота 2,9 г/т и серебра 28,0 г/т, они определены в окисленных рудах 1,25 т и 12,2 т соответственно, а в первичных 1,37 и 11,66 т. Попутные компоненты балансовых руд: мышьяк 4,91%, свинец 0,76 %, олово 0,05 %, цинк 0,33 %, медь 0,08 %, висмут 0,05 %. Индий обнаружен в количествах 0,001-0,01 %, галлий 0,001 - более 0,01 %.

В северной части объекта на отметках более 700 м на поверхность выходят бедные руды, а скважины и подземные выработки здесь отсутствуют. По мнению А.В. Кочубея, горизонт богатых руд здесь продолжается на глубине, что позволяет прогнозировать увеличение запасов руд до 10 т золота.

Таким образом, в целом по месторождению к категории разведанных относятся запасы 1259 тыс. т. руды, содержание 5189 кг золота и 51945 кг серебра. Прогнозная оценка изученной части месторождения 2,5 млн. т. руды, 10 т золота и 100 т серебра.

По результатам разведки месторождение отнесено к непромышленным из-за сложной технологии.

Данные бурения нельзя признать удовлетворительными, т.к. при дробовом способе бурения существует избирательное истирание и выход керна низкий.

Руды являются упорными из-за тонкого размера зерен золота и сростанию с сульфидами. Проведенные испытания в процессе разведки не соответствуют современному уровню. Технологическому испытанию были подвергнуты окисленные руды. Согласно полученным данным, гравитационная схема не дает положительных результатов. При измельчении до 270 меш цианирование извлекает в течении 6 часов 61% золота и 57,5% серебра, за 60 ч. 65 % золота и 70 % серебра при расходе цианида 2,74 кг/т и в хвостах остается 2-2,2 г/т золота и 25-30 г/т серебра. Предварительная флотация, погрёв до 600°C с кальцинацией повышают выход металла до 78 % со снижением расхода цианида до 1,3 кг/т. Технология требует доработки.

В 2002 г. ООО «МеМ» и ДВИМС при содействии старательской артели «Ульчская» произвели отбор лабораторных проб окисленных и условно первичных руд и изучение обогатимости разными схемами. Была рекомендована гравитационно-флотационно-металлургическая схема: извлечение свободного золота гравитационными методами в голове процесса составляет 9,16 и 33,95%; флотационные концентраты с массовой долей золота 20,27 и 33,23 г/т при извлечении 78,09 и 57,19%, соответственно по пробам 1 и 2; двустадийный обжиг и последующее цианирование флотационных

концентратов при концентрации цианида 1 г/л, что позволяет извлечь 75,67 и 55,51% золота в раствор; доизвлечение золота цианированием из хвостов флотации составляет 2,66 и 15,64%.

Суммарное извлечение по схеме гравитация – флотация – обжиг - цианирование флотоконцентратов и цианирование хвостов флотации составляет 84,46 и 92,18%. Содержание золота в хвостах проб 1 и 2 составляет 0,5 и 0,72 г/т.

Если операцию обжига производить в режиме гидрометаллургического извлечения других товарных продуктов, то можно дополнительно получить при переработке годового объема руды следующие товарные продукты:

- медь- 64,8 т ( $100000 \times 0.08\% \times 0,9 \times 0,9 / 100$ ),

-свинец- 515,6 т,

-цинк- 267,3 т,

-олово- 40,5 т.

Последние данные по технологии обогащения позволяют относить все руды к балансовым, в том числе и отнесенные по результатам разведки А.В. Кочубеем к забалансовым.

Некоторые исследователи отмечают «гибридный» характер рудоносности Учаминского месторождения. Они считают, что в пределах единого рудного поля распространено бериллиевое, вольфрамовое, золотое и полиметаллическое оруденение. Установлены так же платиноиды. Но по геологическим условиям локализации оруденения можно видеть самостоятельные рудные системы. Бериллиевое оруденение представлено прожилково-вкрапленным убогим оруденением в породах типа взрывчатых брекчий в краевой части штока гранитоидов; вольфрам - в кварцевых жилах в гранитоидах и в золото-сульфидных жилах (рис.10).

Собственно Учаминское золото-мышьяковое месторождение представлено четковидной, линзующейся и ветвящейся жилой и зоной минерализации, согласно залегающей в углеродистых алевролитах нижнего мела и сопровождающейся зоной расщелачивания, серицитизации и вкрапленного

оруденения. Учаминское месторождение, как отмечалось, разведывалось в начале пятидесятих годов (А.В.Кочубей, В.Р.Поликанов) не как объект черносланцевого типа, имеющий свою специфику.

Как кварцево-жильный тип также изучались в свое время *Октябрьское и Агние-Афанасьевское месторождения*. Их рудные поля характеризуются развитием разрозненных, но многочисленных кварцевых жил и кварцево-жильных зон. Жилы убого сульфидны и маломощны (обычно 0.1-0.4 м), содержание в них золота сильно изменчиво (от следов до ураганного), в промышленных рудных телах среднее содержание составляет 7.3-7.7 г/т. Все месторождения по запасам в процессе изучения (тридцатые - пятидесятые годы прошлого века) считались мелкими, тем не менее они затронуты отработками. На Октябрьском месторождении блоки богатых руд в небольших объемах отрабатывались старателями, на Агние-Афанасьевском месторождении в 1936-61 г.г. добыто около 12 т металла, оставшиеся запасы оценены в 1817 кг. При более обстоятельном изучении как черносланцевые объекты их масштабы можно довести до уровня средних объектов.

На юго-восточном фланге Пильда-Лимурийской металлогенической зоны (МЗ) расположено слабо изученное *Холанское месторождение* иного генетического типа (классического гидротермального). Его рудное поле охватывает часть эндо- и экзоконтактовой зоны штока гранодиоритов, прорывающего андезиты (К<sub>2</sub>). В экзоконтакте пропилитизированные и окварцованные андезиты вмещают кварц-турмалиновые жилы с вкрапленностью сульфидов и золота. Вскрыты лишь 2 жилы, одна из которых мощностью 3 м и протяженностью 300 м содержит золота в среднем 4 г/т, в другой, мощностью 0.5 и протяженностью 100 м среднее содержание металла составило 12.6 г/т. Участок рудного поля в эндоконтакте штока гранодиоритов оконтуривается по ареалу мусковитизированных, эпидотизированных и хлоритизированных пород, вмещающих рудный штокверк. Последний образован кварцевыми прожилками с сульфидами и золотом, реже также



маломощными (до 6 см) кварцевыми жилами. По результатам спорадического опробования в пределах штокверка предполагается наличие крупной рудной зоны (1500×20-120 м) с промышленными концентрациями золота.

Обособленное положение в Нижне-Амурской рудно-магматической системе занимает издавна известный (с 1894 г.) *Верхне-Тумнинский рудно-россыпной район*, приуроченный к стыку названной системы с Сихотэ-Алинской. По геолого-структурной позиции он принадлежит северному флангу Сихотэ-Алинской системы, но по особенностям глубинного строения, типу магматизма он ближе к Нижне-Амурской системе, отличающейся слабо вызревшей земной корой. Характер оруденения также аналогичный. В районе выделены Оемкунский, Зимовьинский и др. рудные узлы, из которых относительно изучен Оемкунский. Тип оруденения здесь ближе к ченосланцевому в Нижне-Амурском районе. На его площади разведывалось 86 рудных тел (кварцевые жилы, минерализованные зоны дробления). Некоторые жилы - Золотая, Поздняя, Молодежная и др. - отрабатывались. Добыча прекращена из-за высокой себестоимости. Забалансовые запасы – 517 кг золота при среднем содержании 5.2 г/т. Перспективная оценка объекта в целом - на уровне среднего по запасам месторождения.

***Сихотэ-Алинская рудоносная система*** образована в течение средне-поздне- палеозойского- раннемезозойского геосинклинального и орогенного режимов. Рудоносность собственно геосинклинальных стадий выражена редкими проявлениями колчеданной и более широко развитой кремнисто-марганцевой формациями.

Более значимая рудоносность орогенного этапа, проявленная месторождениями и рудопоявлениями шеелит-скарновой, вольфрамит-касситерит-кварцевой, ильменит-титаномагнетитовой рудных формаций. Проявления четко районируются по геологическим условиям.

Окраинные части РМС специализированы на золотое, золото-серебряное, полиметаллическое, порфировое (Cu, Mo), сурьмяно-ртутное, в ряде случаев алунитовое и цеолитовое оруденения.

Наиболее интересным, но слабо изученным объектом является месторождение рассматриваемой формации Глухое. Его оценка около 30 т золота с перспективой на увеличение.

**Верхояно-Чукотская провинция** отвечает одноименной складчатой системе, включая срединные массивы - Колымский, Омолонский, Охотский, Восточно-Чукотский, вдоль границ которых развиты черносланцевые комплексы с характерными оруденениями. Северная и северо-восточная части провинции скрыты под водами арктических морей. Западной границей служат глубинные разломы, ограничивающие с запада распространение позднепротерозойско-палеозойских комплексов Сетте-Дабанского перикратонного прогиба, палеозойских и раннемезозойских структур Яно-Колымской ветви Верхояно-Чукотской системы, также перспективных на рассматриваемое золотое оруденение. В глубинном строении эта граница выражена широкой зоной пониженной мощности земной коры. С соседней Курило-Камчатско-Корякской геосистемой граница провинции фиксируется гравитационной ступенью и цепочкой зон приближенного к поверхности положения аномалиеобразующего слоя литосферы.

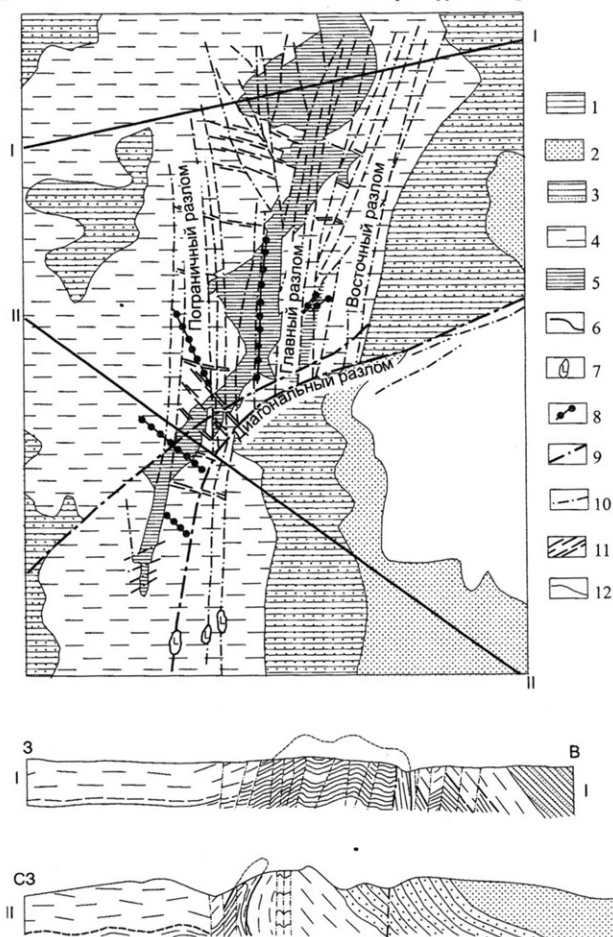
Провинция характеризуется разнообразной минерагенией, но профилирующее значение имеет золото (более трети рудых объектов): 1183 месторождений и рудопоявлений при экстенсивности 0,934 на 10 тыс. км, частота встречаемости около 0,39. Рассматриваемый тип оруденения представлен уникальными в генетическом и экономическом отношениях объектами.

В **Сетте-Дабанской рудоносной системе** выделяется *Аллах-Юньская металлогеническая зона*, охватывающая западную окраину Южно-Верхоянского синклиория. Осадочные породы прошли орогенную стадию,

сопровождавшуюся метаморфизмом низких ступеней. Здесь установлено 120 золоторудных проявлений, 16 месторождений золота, в том числе одно из крупнейших на Дальнем Востоке - Нежданинское золото-сульфидно-кварцевое месторождение (в классической классификации). По нашим представлениям, золотое оруденение зоны носит полихронный и полигенный характер и в полной мере соответствует черносланцеому типу. Первые концентрации металла связаны с горизонтами углистых алевро-пелитов и с диагенезом терригенных толщ перми и триаса, которых насчитывается до 7 уровней, а затем с метаморфогенно-гидротермальными ( $J_3$ - $K_1$ ) и гидротермальными (постмагматическими- в общем случае) процессами ( $K_{1,2}$ ), в том числе с участием глубинных рудоносных флюидов. Имеющиеся К-Аг датировки возраста слабозолотоносных кварцевых жил отвечают юре - 170 и 150 млн. лет (Саввинов, 1975г.; Горячев, 1998г.). Немало геологов синхронизирует промышленную золотоносность с интрузиями раннемеловых гранитоидов внешней зоны Охотско-Чукотской провинции (абс. возраст 124-118;  $115.5 \pm 1.5$  млн. лет). Но мы исходим из суммарного эффекта серии последовательных этапов генерации, мобилизации и переотложения золота и сопутствующих металлов.

Морфологические типы оруденения представляют: 1) минерализованные зоны смятия, дробления с оперяющими кварцевыми жилами (Нежданинское, Лазурное, Задержное месторождения), 2) стратиформные золото-кварцевые залежи (Дуэт, Юр, Орион и др.); 3) секущие плитообразные жилы и субпластовые штокверки среди песчаников в экзоконтактах гранитоидов (Лево-Дыбинское, Курумское). Промышленное значение имеют рудные тела первого и второго типов.

На *Нежданинском месторождении* основным рудным телом является минерализованная зона протяженностью по простиранию 5 км, по падению - до 1500 м при мощности до 40-50 м. Схема геологического строения месторождения представлена на рисунке 11 (рис.11).



1 - алевролито-песчаниковые отложения верхней перми и триаса; 2 - песчанниковая свита верхней перми; 3 - алевролитовая свита верхней перми; 4 - сланцевая свита нижней перми; 5 - алевролитовая свита нижней перми; 6 - маркирующий пласт песчаника; 7 - штоки габбро-диоритов; 8 - дайки среднего состава; 9 - диагональный разлом; 10 - нарушения Нежданнинской системы; 11 - нарушения и зоны трещиноватости Поперечной системы; 12 - геологические границы, 1-1, 11-11 - линии геологических разрезов.

Рис. 11. Схема геологического строения и геологические разрезы района Нежданнинского месторождения

Среднее содержание в зоне Au - 5.1 г/т, Ag - 30 г/т. Она сосредоточивает в себе 85% балансовых запасов золота и 93.6% серебра. В рудных столбах содержание золота достигает десятков г/т (до 2-4 кг/т), вертикальный размах оруденения достигает 2 км, по склонению - 2.5 км. Морфоструктура промышленной части рудного поля представляет собой, по-видимому, уплощенный и выпуклый к востоку резко удлиненный по склонению конус, погружающийся к юго-западу под углом 65° [11].

Балансовые запасы на Нежданинском месторождении составили 481.4 т [11], серебра - 2027.6 т. В настоящее время отрабатываются только богатые руды.

Выше уже указывалось на недостаточно высокие содержания углерода (порядка 0,5%) в рудогенерирующих осадочных формациях за счет его выноса в процессах диагенеза и метаморфизма. Рассматриваемый район выделяется значительно более высокими содержаниями углерода в рудогенерирующих формациях. М.М. Константинов [27, стр.113] пишет: «Содержание углеродистого вещества колеблется в алевритах в широких пределах от первых до 20-30%, в отдельных прослоях и линзах до 50-60%». Глинистые и глинисто-углистые сланцы содержат углерод до 40- 80%. Со скоплениями углеродистого вещества ассоциируют глобулярные выделения сульфидов. Эта информация, помимо геохимической сущности, может свидетельствовать о состоянии рудогенерирующих толщ, насыщенных флюидными компонентами, способными создавать инъективные формы, демонстрирующиеся на разрезах на рисунке 11 (без этого трудно представить напряженные деформации в породах низких ступеней метаморфизма).

Ниже характеризуемые месторождения Дуэт, Юр и другие, отличающиеся текстурами руд типа Бендиго, также, по-видимому, связаны с послойным течением рудогенерирующего пласта.

На месторождениях Дуэт (запасы 10.7 т), Юр (11.9 т), Орион, Некур (5.4 т) и др., рудными телами являются многоярусные стратиформные кварцевые залежи (назвать их жилами язык не поворачивается) в песчаниковых

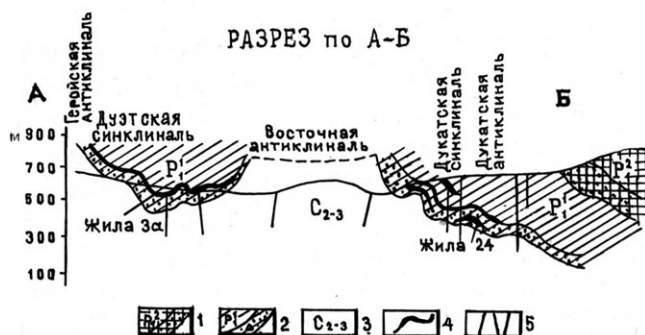
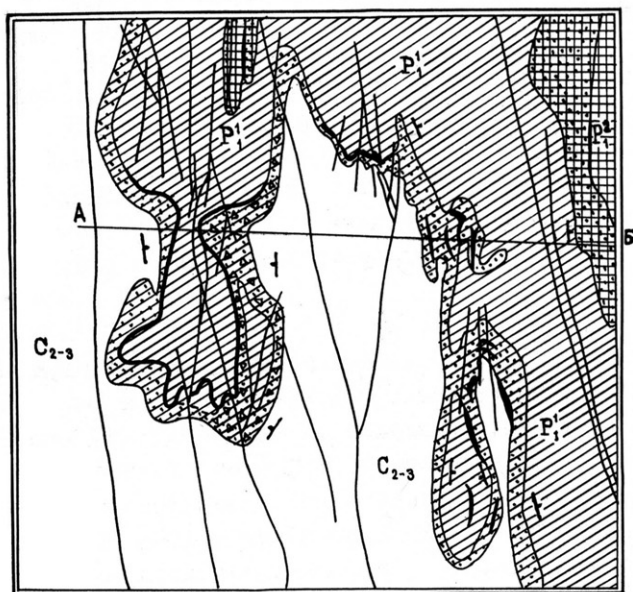
горизонтах халыинской свиты ( $P_1$ ). Схема месторождения Дуэт представлена на рисунке 12 (рис.12).

Размещены они в приразломных дислокациях, имеют протяженность по простиранию до 5 км при мощности жил 0.5-2.5 м (до 10 м) с содержанием золота на уровне 5 г/т. Основные запасы золота сосредоточены в «рудных лентах» шириной 15-120 м и длиной 250-2200 м. Содержание золота достигает 983.6 г/т на мощность 1.3 м при среднем 17.1-46.3 г/т.

Аллах-Юньская МЗ располагает в целом значительными запасами и прогнозными ресурсами золота: балансовые запасы составили 540 т, ресурсы по кат.  $P_1$ -75 т,  $P_2$ -105 т,  $P_3$  - 300 т. Кроме того, оценены ресурсы серебра: по кат.  $P_1$  - 200 т,  $P_2$  - 250 т,  $P_3$  - 345 т [11]. С учетом особенности рассматриваемой формации, заключающейся в предрасположенности к образованию многочисленных залежей, эта оценка может оказаться скромной.

### ***Верхояно-Колымская рудоносная система***

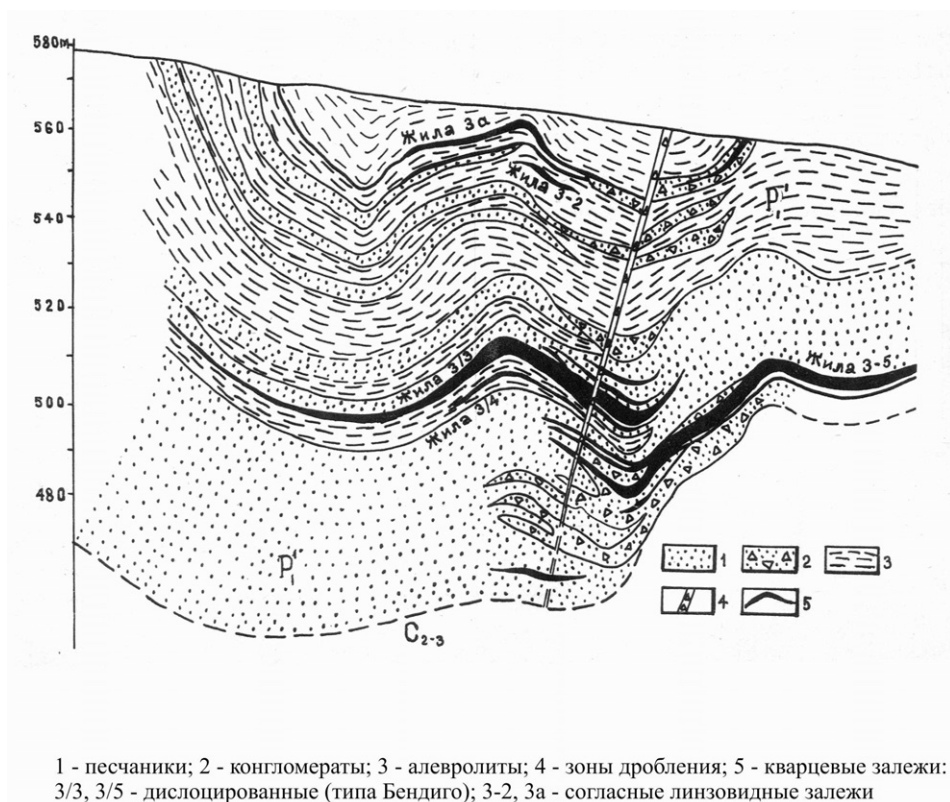
Верхояно-Колымская РС является крупнейшей рудоносной структурой, включающей полиметальное оруденение (вольфрам-оловянное и медно-полиметаллическое, золотое), в том числе Главный (Яно-Колымский) золотоносный пояс, проявленный высокопродуктивной россыпной золотоносностью, почти сотней разведанных и оцененных до категории  $P_1$  коренных месторождений, многие из которых отработаны. Здесь добыто более 3000 т россыпного и 200 т коренного золота. Пояс соответствует мощной зоне гранитизации, отчетливо выраженной на картах глубинного строения. Оруденение является высокопродуктивным соответственно масштабам преобразований земной коры. Оно отражает глобальную эволюцию в ходе формирования зрелой коры: ранние стадии, связанные с метаморфизмом и раннеорогенным процессом. Здесь широко представлены рассматриваемые черносланцевые золотые оруденения, а месторождение Наталка является лидером по масштабам.



- 1 - верхняя пачка кукканской свиты нижней перми (алевролиты, песчаники, конгломераты)
- 2 - нижняя пачка кукканской свиты нижней перми (песчаники, конгломераты)
- 3 - экачанская свита C<sub>2-3</sub> (алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы)
- 4 - золоторудные жилы
- 5 - разрывные нарушения

Рис. 12. Геолого-структурная схема Дуэтского месторождения  
(по В. А. Слезко, 1977)

*Продолжение рисунка 12 на следующей странице*



*Продолжение рисунка 12. Геологический разрез Дуэльской синклинали*

Для осадочных пород различных районов Яно-Колымского пояса характерны высокие и неравномерные содержания сингенетического золота. В Индигирском районе, например, алевролиты и песчаники  $T_3$  содержат в среднем 6.7 и 8.2 мг/т золота соответственно; в Берелехском районе в алевролитах и песчаниках средней юры фиксируется золото в содержаниях от 4 до 39 мг/т; в Колымском районе концентрации металла колеблются в пределах 6.0-16.7 мг/т (Горячева, 1988 г.; Ермоленко, 1991 г.; Злобин, 1992 г.).



При метаморфизме как региональном, так и локальном (приразломном), происходит перераспределение золота из областей сжатия в области разуплотнения. Полоса неравномерного и неравновесного метаморфизма низких субфаций зеленосланцевой фации имеет протяженность 1200 и ширину до 270 км. Большинство золоторудных проявлений сосредоточено в срединной части полосы шириной 70-100 км, сложенной породами биотит-хлоритовой субфации (зона зеленого биотита). Метаморфизованные отложения характеризуются преобладанием натрия над калием (Федорова, 1991г.), содержат существенное количество углеродистого вещества. Соскладчатые (рудоконтролирующие) разломы северо-западного простирания осложнены разрывами, близмеридионального, близширотного, северо-восточного направлений, многие из них служат границами рудных районов и узлов.

Завершение формирования золотого оруденения обязано проявлению позднелавского-раннелавовой и позднераннелавовой тектоно-магматических стадий.

Позднелавско-раннелавовая стадия синхронна габбродиорит-диорит-гранодиорит-гранитовой ассоциации (нера-бохапчинский, басугуньинский и др. интрузивные комплексы). К-Аг возраст этих интрузий 155-140 млн. лет (Загрузина, 1977г.; Котляр, Жуланова, 1996г.), Rb-Sr - 147-139 млн. лет (Котляр, Жуланова, 1996г.; Горячев, 1998г.). Золото-кварцевые рудные тела этой стадии прорваны дайками риолитов с абс. возрастом 129-125 млн. лет (Горячев, 1998г.).

Золотое оруденение позднераннелавовой стадии связывается с интрузиями диорит-гранодиорит-гранитовой ассоциации, Rb-Sr возраст которых 136,  $128.3 \pm 1$  млн. лет (Шкодзинский и др., 1992г.; Бахарев и др., 1997г.), К-Аг - 127-122 млн. лет (Бахарев и др., 1997г.). Гранитоиды, как правило, слабо эродированы, на дневной поверхности образуют небольшие массивы и обширные дайковые поля.

В зависимости от степени тектонической нарушенности на наложенных стадиях развития оруденения, на месторождениях проявлены секущие золото-

кварцевые тела,, согласные золото-кварцевые залежи, штокверки, минерализованные зоны дробления и смятия.

Месторождения согласных золото-кварцевых жил локализируются в периклинальных окончаниях брахиантиклиналей (Жданное), на крыльях последних (Талалах, Хангалас) или линейных складок (Светлое, Туора-Тас), реже в сводовых частях разбитых на блоки складок (Дора-Пиль, Диринь-Юрях). Характерно многоэтажное расположение согласных кварцевых жил, приуроченность их к плоскостям межпластовых срывов и отслоений. Жилы имеют протяженность первые сотни метров, мощность не превышает 1 м, иногда они переходят в штокверкоподобные участки (Родионовское месторождение).

Минерализованные зоны дробления и смятия приурочены, в основном, к зонам глубинных разломов (Наталка, Ветринское, Бодран). Реже отмечаются месторождения в зонах дробления на крыльях складчатых структур (Базовское). Протяженность зон - до 5 км, мощность - первые сотни метров, некоторые из них прослежены на глубину до 500 м. Минерализованные зоны представлены дробленными и перетертыми (до милонитов) осадочными породами, насыщенными прожилками кварца с вкрапленностью сульфидов (Ветринское и др.).

Секущие жилы приурочены к сводам антиклиналей, локализируются среди песчано-сланцевых отложений в зонах продольных и поперечных разломов и оперяющих их трещинах. Простираение жил чаще согласное, реже секущее (месторождение Мальдяк), относительно простираения вмещающих отложений, по падению они секущие. Золото-кварцевые жилы данного типа секут также дайки и массивы гранитоидов, оперяют минерализованные зоны дробления.

В составе рудно-россыпных районов на Северо-Востоке наиболее важное значение имеет Тенькинский район - один из старейших горнодобывающих районов.

Тенькинский рудный район представляет ряд рудно-россыпных узлов - Омчакский, Дегдеканский, Дусканынский, Ветренский, из которых

крупнейшим по запасам коренного золота является первый. В этом узле, помимо среднего по запасам месторождения Павлик (57,65 т) и ряда мелких объектов, находится крупное месторождение Наталка, открытое в 1943 г. и разрабатывающееся с 1944 г.

*Месторождение Наталка*, схема которого представлена на рисунке 13 (рис.13) представляет собой блок (7.5×1.5 км) рассланцованных, интенсивно пропилитизированных и окварцованных пермских углеродистых с примесью вулканогенного материала терригенных отложений, ограниченный крутопадающими разломами. Рудные тела представляют линейные зоны сульфидно-вкрапленного штокверкового оруденения с участием золото-кварцевых жил. Оруденение распространяется на глубины до 530 м в соответствии с развитием рудогенерирующих углеродистых пород.

Интересна история развития месторождения, отражающая геолого-экономические подходы.

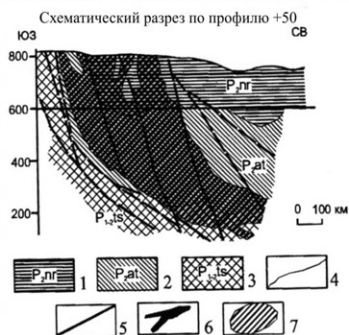
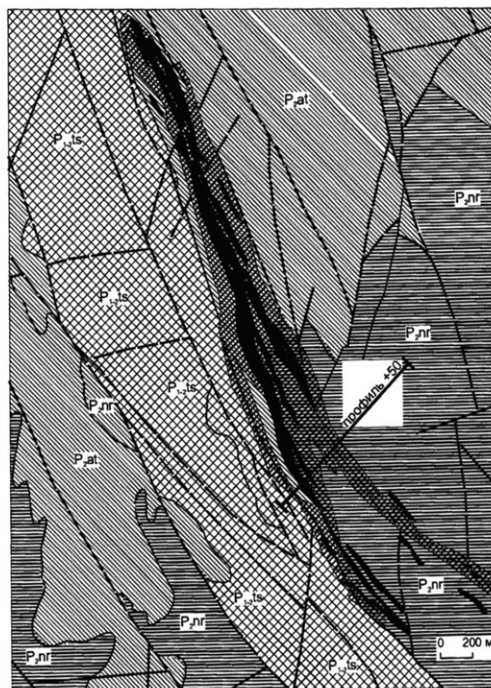
1942-1943 гг.- при поисках россыпей золота были обнаружены первые золоторудные проявления площади между ручьями Геологический и Павлик.

1944 г.- детализационные работы масштаба 1: 5000 позволили обнаружить месторождение, а именно - рунные жилы, давшие начало месторождению Наталка (Наталкинское).

1945 г.- начаты добыча на наиболее богатых жилах и производство золота на месторождении и одновременно проводилась разведка.

1958 г.- производилось опоскование площади рудного поля и детальная разведка поверхности и подземных горизонтов. По завершению работ балансовые запасы золота месторождения Наталка составили 250 т [11] при среднем содержании 4.2 г/т, прогнозные ресурсы по категории  $P_1$  оцениваются в 200 т, по кат.  $P_2+P_3$  - 150 т. Установлена платиноносность руд.

2003 г. - была произведена переоценка запасов месторождения. Подготовлена программа геологоразведочных работ с целью доразведки месторождения и подготовки его к масштабному освоению.



1 - неручинская свита: алевролиты, песчаники; 2 - атканская свита: диамиктиты; 3 - тасская свита: аргиллиты, алевролиты, песчаники; 4 - геологические границы; 5 - разрывные; 6 - ранее выделяемые (до 2006г.) рудные тела (бортное содержание Au - 1,5 г/т); 7 - контуры крупнотоннажной рудной залежи (бортное содержание Au - 0,4 г/т) по данным доразведки месторождения (2006г.)

Рис. 13. Геологическая схема центральной части Наталкинского месторождения по М. В. Наталенко

2004-2006гг.- была реализована крупномасштабная программа доразведки Наталкинского месторождения. По результатам экспертизы 2006 г. на учет по Наталкинскому месторождению были приняты запасы в контуре карьера по категориям В+С1+С2 в количестве 1449,5 тонн золота со средним содержанием 1,7 г/т, запасы по категориям В+С1 - в количестве 1262,8 тонны. Оконтуривание руд проводилось при бортовом содержании 0,4 г/т (рис.13).

Кроме того, за контуром карьера были учтены забалансовые запасы по категориям В+С1+С2 в количестве 309,4 тонн.. В настоящее время месторождение является крупнейшим в России и находится в мировой лидирующей группе (третье место).

На Наталкином месторождении, также как и на других месторождениях рассматриваемой формации, широко распространено развитие сопутствующих рудных залежей, что способствует росту минерально-сырьевой базы по мере углубления изучения (ясно, что до известных пределов), а также в результате снижении параметров оконтуривания руд (бортowego содержания). Эта процедура также должна проводиться до каких-то пределов. В случае с бортовым содержанием таким пределом является экономический принцип - непревышение себестоимости добычи и переработки стоимости произведенной продукции. При бортовом содержании золота 0,4 г/т и цене его 1500 руб. за 1 г стоимость добычи и переработки не должна превышать 600 руб. на тонну руды. Вряд ли можно достичь таких экономических показателей в условиях северного экономического района. Но, если происходят не логичные события, значит это кому-то нужно. Формально интерес государства заключается в снижении потерь полезного ископаемого в недрах. Формально потому, что снижение наблюдается только на бумаге, ибо в реальной обстановке недропользователя нельзя заставить работать себе в ущерб. Тогда зачем это недропользователю? Причина одна - получение эффекта от «рыночного механизма» (капитализация, рост стоимости активов и акций, получение доходов от продажи акций), а позже неактивные запасы можно списать, цена золота на рынке «игроками» (так называют брокеров сырьевых бирж) меняется довольно часто вне связи с

экономической ситуацией. Можно выбрать момент для списания. О пагубной роли рыночных механизмов на состояние минерально-сырьевой базы автор ранее писал<sup>1</sup>.

**Бакы-Куларская металлогеническая зона** (водораздел нижнего течения р.р. Яна и Омон) имеет все признаки развития черносланцевого оруденения. Однако значимых объектов не выявлено, несмотря на широко проявленную россыпную золотоносность.

Зона имеет северо-восточное простирание, протяженность 300 км при ширине до 70 км. Она приурочена к Куларскому горст-антиклинорию, где углеродисто-терригенные ( $P_2$ ) и терригенные (Т) толщи изменяют свое северо-западное простирание на субширотное.

Породы горст-антиклинория подвержены метаморфизму в условиях зеленосланцевой фации (К-Аг возраст 164-161 млн. лет, [18]. Магматизм представляют биотитовые граниты (К-Аг возраст 134-119 млн. лет, Амудзинский и др., 1988) и адамеллиты (К-Аг возраст 116-104 млн. лет) Куларского плутона, дайки диабазовых и диоритовых порфиров, спессартитов, камптонитов и керсантитов, представляющие 3 дайковых комплекса - триасово-юрский (абс. возраст 226-174 млн. лет), позднелюрско-раннемеловой (140-119 млн. лет) и раннепозднемеловой (105-94 млн. лет).

Большинство проявлений золота приурочено к сводовой части Куларского горст-антиклинория в участках пересечений продольных и поперечных тектонических разрывов [34].

Коренное золотое оруденение изучено слабо, известно 6 мелких непромышленных золото-кварцевых месторождений, связанных с проявлением позднелюрско-раннемеловой и позднераннемеловой металлогенических стадий регенерации черных сланцев.

В первую стадию в зонах смятия и рассланцевания формировались метаморфогенно-гидротермальные кварцевые жилы, согласные с залеганием вмещающих пород. Это протяженные (до 1 км) лентовидные тела,

<sup>1</sup> Бакулин, Ю.И. Влияние рыночных механизмов на состояние минерально-сырьевой базы./ Бакулин Ю.И., Жукова И.В.- М: Разведка и охрана недр. №1, 2011, с.54-57.

приуроченные к межслоевым срывам и полостям отслоения и расположенные, нередко, под экраном углисто-глинистых сланцев. Мощность жил 1-2 м. Зоны слабо золотоносны.

Для позднеараннемеловой стадии характерны минерализованные зоны дробления, прожилково-жильные зоны, штокверки, реже секущие жилы и жильные зоны (месторождения Эмисское, Джуотукское, Позднее, Куларское и др.).

Жильные зоны имеют протяженность до нескольких сотен метров, мощность жил колеблется от первых см до 3.5 м, содержание золота в них достигает первых десятков г/т. Минерализованные зоны дробления, прожилково-жильные зоны и линейные штокверки контролируются как продольными, так и секущими разломами. Содержание золота в них - первые г/т. Проба золота 687-784. Золотое оруденение формировалось после куларских гранитоидов. Абс. возраст мусковита из золото-кварцевой жилы (месторождение Новое) равен 121 млн. лет (Ивенсен и др., 1975г.).

По совокупности приведенных данных есть все основания рассчитывать на выявление крупного объекта черносланцевого типа.

### ***Чукотская рудоносная система***

Геологически система отвечает соответствующей ветви Верхояно-Чукотской складчатой системы. На большей части протяженности северная часть скрыта под чехлом рыхлых кайнозойских осадков. Рудоносная система характеризуется пониженной мощностью земной коры, слабой (очаговой) гранитизацией. С этими особенностями связана слабая металлогеническая дифференцированность рудоносных систем. Металлогенические особенности ее определяет широкий круг элементов, а профилирующие (золото, олово, ртуть) представлены известными объектами. В обнаженных участках систему представляют Селенях-Устькуйганская, Улах-Тасская, Кутеп-Кэпервеемская металлогенические зоны и Рывеемский золоторудно-россыпной район.

*Рывеемский золоторудно-россыпной район* приурочен к блоку развития терригенно-карбонатных (D), углеродисто-карбонатно-терригенных (C<sub>1</sub>) и

терригенных (Р-Т<sub>1</sub>) отложений, прорванных габбро-диабазами (Т<sub>1</sub>), гранитоидами Велиткенайского и гранитами Эмнукэныгтуйского массивов (К<sub>1</sub>) а также дайками гранодиорит-гранит-порфиров, диоритовых порфиров. Основные золоторудные объекты расположены в пределах Пильхинкууль-Рымеемского узла, включающего Северное и Южное рудные поля.

В Южном поле в экзо- и эндоконтактах интрузий гранитоидов известны многочисленные золото-кварцевые проявления, питающие россыпи золота.

В Северном рудном поле размещено стратиформное золото-кварцевое *месторождение Совиное*, приуроченное к замку линейной опрокинутой складки, осложняющей северо-западное крыло Рымеемской антиклинали, что продемонстрировано на рисунке 14 (рис.14). Рудовмещающие углеродистые терригенные отложения (С<sub>1</sub>) подвержены кварц-серицитовым преобразованиям. Многоярусные седловидные золото-кварцевые жилы контролируют флексулообразные перегибы рудовмещающего горизонта в зоне влияния взбросо-надвига. Длина рудных тел 120-800 м, мощность 0.3-2.5 м, до 10 м в замках складок. Содержание золота достигает сотен г/т, среднее - 10-15 г/т. Наиболее продуктивны седловидные рудные тела; оконтурены также рудные штокверки (500×100×100 м) со средним содержанием золота 2.5 г/т. Вертикальный размах оруденения 300 м, глубина зоны окисления 100 м.

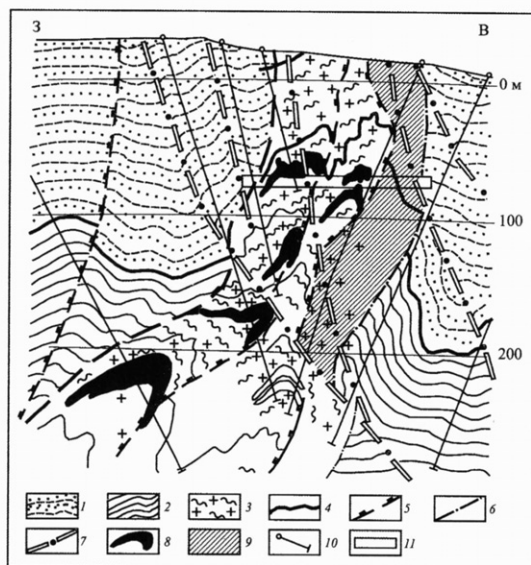
На месторождении завершается детальная разведка и строительство горно-обогатительного комбината (ГОКа) с годовой добычей золота 1 т (Беневольский, 1995г.).

Отметим, что в Рымеемском районе добыто более 100 т россыпного золота, ресурсы последнего оцениваются в 35 т.

Рудное поле *Майского месторождения* приурочено к меридионально вытянутому горстообразному блоку, осложняющему купольную структуру в зоне пересечения Восточно-Чукотского разлома северо-восточного-субширотного простирания и рудовмещающей субмеридиональной зоной смятия. В западном ограничении горста амплитуда вертикальных смещений 460-600 м. В зоне смятия шириной 2-3.5 км терригенные породы триаса



зонально развальцованы, будинированы, гофрированы, интенсивно кливажированы, несут следы пластического течения материала, вмещают пучки даек с абс. возрастом 118-97 млн.лет, воздействие которые также отразилось на перераспределении золота, формирование структуры рудного поля.

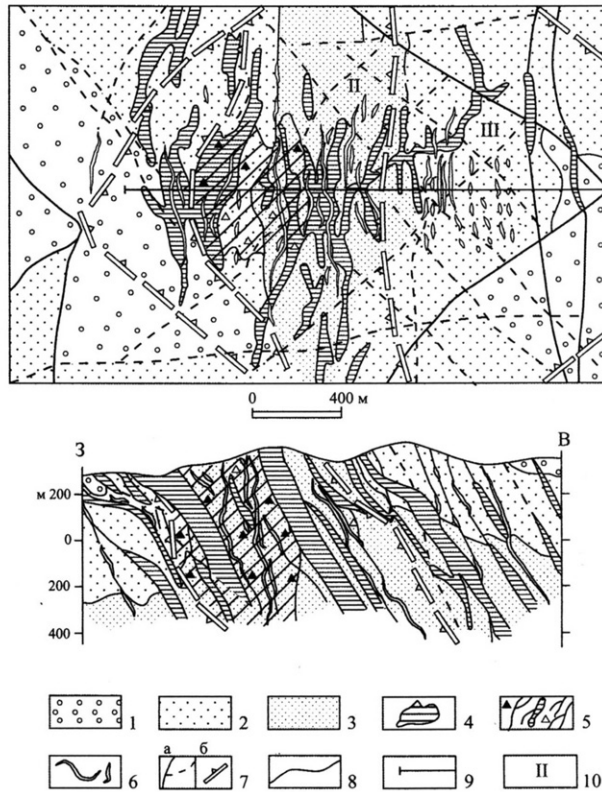


1 - известковые песчаники; 2 - сланцы; 3 - рудовмещающая зона динамометаморфизма; 4 - литологическая граница; 5 - сбрососдвиги; 6 - надвиги; 7 - сбросы; 8 - седловидные рудные тела; 9 - предполагаемый штокверк; 10 - скважины; 11 - квершлаг.

*Рис. 14.* Геологический разрез вкрест простираения рудных тел месторождения Совино по А.В. Волкову.

Рудное поле месторождения, схема которого отображена на рисунке 15 (рис.15), ограничено субмеридиональными (Озерный, Восточный) и близширотными разломами - экранами. Характерны explosивно-брекчиевые

# Рудное поле



1 - кувеемская свита: средне- и крупнозернистые песчаники; 2 - релькуеемская, меллюеемская и ватапваамская свиты: переслои мелкозернистых песчаников и алевролитов; 3 - кевеемская свита: углистые алевролиты, сланцы с прослоями тонкозернистых песчаников; 4 - дайки гранодиорит-порфиров, кварц-полевошпатовых порфиров, лампрофиров; 5 - взрывные брекчии; 6 - рудные залежки; 7 - разрывные нарушения: а - разномасштабные трещины, ограничивающие блоки порядка, контролируемые рудные тела и дайки, б - границы структурных блоков; 8 - геологические границы; 9 - линии разрезов; 10 - номер структурного блока: I - западный, II - центральный, III - восточный.

Рис. 15. Геолого-структурная схема Майского рудного поля по А.В.Волкову

тела субмеридионального простирания. Они имеют мощность 1-10 м, падают на восток под углом 60-75 м, простираются на глубину более 700 м. Окончательный облик рудного поля сформировался под воздействием магматических процессов. А.В. Волков и М.М. Константинов считают пикунейского комплекса, но, по представлениям автора, этот магматизм имеет отношение к более раннему редкометальному оруденению.

Итоговый результат 3-4 стадий регенерации углеродистой рудной нагрузки – создание полигенетического золото-сульфидного минерального комплекса, отражающего особенности своеобразных осадочных горных пород и наложение тектонических процессов (зоны смятия, дайки и эксплозивные брекчии).

В составе рудного поля выделено 10 рудных зон (Дальняя, Пунктирная, Глубокая и др.), в которых опробованием установлено 30 рудных тел. Последние представляют собой метасоматически измененные (березитизированные) прожилково-окварцованные, слабосерицитизированные, каолинизированные, динамометаморфизованные алевролиты, сланцы и песчаники триаса, дайки риолитов ( $K_1$ ). Характерна тонкая прожилково-вкрапленная пирит-арсенопиритовая и более поздняя неравномерно проявленная жильно-прожилковая кварц-антимонитовая минерализация. Содержание сульфидов находится на уровне 6-8%. Наиболее благоприятны для рудолокализации углеродистые алевролитовые горизонты триаса в центральном блоке месторождения.

Рудные тела имеют мощность 2-4 м, протяженность по простиранию 200-1500 м, по падению - до 1000 м (возможно, до 1200 м). Основная часть золота заключена в тонкоигольчатом арсенопирите (до 600-745 г/т). Пробность свободного золота 800-920 м, температура рудообразования 320-260°C. Установлены многочисленные рудные столбы с параметрами до 300×75 м с содержанием золота более 25 г/т. В рудах присутствуют (до 5 г/т) платиноиды (платина, палладий, иридий) [14].

Рассматриваемое месторождение крупное, разведанные запасы его 277.3 т (кат. А+В+С<sub>1</sub> - 80.809 т, С<sub>2</sub> - 196.517 т) при среднем содержании 12.01 г/т [11]. Забалансовые запасы - 6.945 т. Учтены также запасы серебра в количестве 37.7 т со средним содержанием 2.66 г/т. Имеются реальные перспективы наращивания запасов золота.

Основные запасы золота (90%) представлены первичными упорными рудами. Разработаны достаточно эффективные, но дорогостоящие, схемы обогащения. Проводились специальные исследования по поискам новых технологий обогащения как отечественными, так зарубежными компаниями. Результаты большой огласке не предавались.

Проведенный рядом иностранных фирм экономический анализ Майского месторождения показал нерентабельность его отработки, и объект многие годы был не востребованным. ЗАО «Полиметалл» нашло аргументы в пользу месторождения и оформило право на недропользование.

**(Хоккайдо)-Сахалинская провинция** выделена в самостоятельное региональное подразделение в связи с резкими отличиями от ближайших территорий. Основное ее достояние - углеводородное сырье, каменные и бурые угли. Но и здесь выделяется площадь, перспективная на рассматриваемое оруденение, получившая наименование Лангерийский подрайон.

**Лангерийский подрайон** отвечает площади развития пояса метаморфических сланцев вальзинского комплекса, прорванных интрузиями палеогеновых гранитоидов. Углеродисто(графитисто)-слюдисто-кварцевые сланцы пояса местами содержат повышенные концентрации золота (до 2 г/т) и серебра (до 7 г/т). В осевой части пояса выявлены Au-W, Au-W-As и Au-As рудопроявления, в окраинных частях - Au-Sb и Sb. Масштабность их остается неопределенной. Но имеются предпосылки на выявление крупнообъемных объектов черносланцевого комплекса.

Важная особенность Лангерийского подрайона - развитие здесь золотоносных россыпей, несущих, кроме золота, значительные количества

платиноидов (до 1.6 кг/т шлиха, в серых шлихах - до 50 г/т). Согласно данным А.А.Майборода [36], МПГ представляют иридосмин, лаурит, поликсен, осмирид, изоферроплатина при резком преобладании минералов иридий-осмиевого ряда. Отмечается пространственная связь россыпей с платиноидами с площадью развития черносланцевых толщ, особенно с участками их интенсивной дислоцированности и рассланцевания, где, как предполагается, происходили процессы метаморфической сегрегации и собирательной перекристаллизации первично тонкодисперсной платиноидной минерализации. Соответственно, участки и зоны интенсивной дислоцированности черносланцевого комплекса могут служить объектами поисков коренных проявлений золота и платиноидов.

**Курило-Камчатско-Корякская провинция** имеет специфическую металлогеническую специализацию, которую можно определить как серпентинно-золото-серебряную при существенном значении платиноидного и медно-никелевого оруденения. Но проявлений рассматриваемого типа не зафиксировано.

Основной вывод по результатам рассмотрения разновозрастных, в широком диапазоне геологического возраста, рудных месторождений золота, образованных по одной схеме с некоторыми нюансами, свидетельствует о выдержанности генетических особенностей и их схожести. Получается так, что черносланцевое рудообразование - это свойство геологического развития определенных геологических структур - геосинклинальных прогибов постинверсионной стадии развития, краевых и приразломных погибов. Выдержанность свойств определяет целесообразность выделения генетического таксона золоторудных месторождений.

## Глава 4. Обоснование систематизационной единицы

---

Приведенное описание характерных признаков черносланцевых месторождений доказывает необходимость рассмотрения представителей сообщества объектов в качестве обособленной группы рудных объектов, выделяющихся среди их полного многообразия. Необходимо определиться, как назвать классификационную единицу, а затем дать для нее систематизированный перечень признаков, определяющих методику их изучения, прогнозирования и геолого-экономической оценки.

Если рассмотреть все применяющиеся в настоящее время систематизации месторождений, то окажется, что для черносланцевых месторождений в полной мере ни одна систематизация не подходит. В первую очередь, это связано с тем, что наша группа объектов является полиформационной не только среди выделяемых формаций, но и по генезису в общем смысле. В ее формировании участвовали седиментационные процессы, метаморфические и постмагматические. Морфологические особенности залежей также присутствуют в разнообразии.

Нужен новый термин. Допустим - группа, система... Группа – это аморфное объединение (допускает свободное применение), система - предусматривает наличие связей как между свойствами, так и между компонентами. Для рассматриваемой группы объектов наиболее приемлемым наименованием следует считать «рудная система» с определением главного

классификационного определения «черносланцевая», т.е. в совокупности – черносланцевая золотоносная рудная система. А для более общего случая постоянной связи с ней продуктивных золотоносных россыпей можно предложить термин - *черносланцевая золотоносная система*.

Рассматриваемая рудная система является полигенетической. Первая, самая главная, стадия - формирование рудогенерирующей черносланцевой толщи. Вторая стадия - стадия диагенеза и метаморфизма, протекающая и либо последовательно увеличивая при этом степень изменения, либо с перерывом, т.е. стадияльно. На этой стадии уже могут формироваться послойные рудоносные залежи, что было показано на приведенных примерах. Третья стадия - регенерации, когда под воздействием термальных процессов, сопровождающих магматизм, и постмагматических гидротерм, образуются косо секущие жилы, ответвления, расщепления и т.п. изменения первоначальной формы или осуществляется иное ее развитие.

При характеристике объектов автор пытался обратить внимание на стадияльные изменения, т.е. они в какой- то мере освещены. Остался не охарактеризованным процесс формирования рудогенерирующей черносланцевой толщи. Здесь автор не располагает личными наблюдениями, но можно сослаться на специальные исследования и дать им оценку [27,28].

Условия черносланцевого осадконакопления являются, с одной стороны, континентальными (по преобладанию кластического материала) и, с другой, океаническими ( по среде отложения). Кроме того, океанической среду обитания вполне определенно можно считать для позднего мезозоя. Ранний мезозой - период формирования океана - характеризовался интенсивными процессами вулканизма, и среда сильно отличалась от современной океанической. В более ранние периоды (протерозой и палеозой) среда бассейнов сильно варьировала в зависимости от характера глубинных процессов. В таких условиях осадконакопление сопровождалось участием, помимо седиментации, гидротермальных процессов. Рудные объекты, образованные в таких условиях, автор называл [7] седиментогенно-

гидротермально-метаморфогенными (СГМ). В эту группу относятся уникальные месторождения золота бассейна Витватерсранд, также формировавшиеся с участием углерода. Здесь углерод присутствует не только в черных сланцах, но и встречается также в виде столбчатых слоев (30-40% углерода), наиболее обогащенных золотом (до 20%) [45]. Таких седиментационных циклов в бассейне насчитывается до 20, в краевых частях прогиба они сближаются и создают выемочную мощность до 50- 54м.

В это время океанов еще не существовало, все привносилось только из глубин Земли (кроме кластического материала), и поэтому СГМ в общем случае нельзя считать океаническими объектами.

Почему углерод стал появляться в разрезах позднего архея? Потому, что на завершающих стадиях нуклеарного периода развития Земли [7] у подножий ядер будущих континентов началось формирование бассейнов глубинной флюидной фазы (типа гидротермальных растворов). А до этой стадии наращивание ядер происходило магматическим путем.

В более поздних разрезах углерод представлен широко: углеродистые «черные» сланцы, обогащенные углистым веществом (графитом), типичны в разрезах протерозоя, палеозоя и мезозоя. Их повышенная металлоносность является признанной, но отождествление повышенной углеродистости с биогенным органическим веществом (было раньше распространено) не всегда, как считает автор, правомерно. Поступление углерода, водорода, азота из глубин Земли связывается нами с распадом гидридов, карбидов и нитридов в верхней мантии при формировании слоистой структуры. Кроме того, данные по высвобождению флюида при литификации алевропелитового осадка и мраморизации глинисто-карбонатного осадка дают представление о масштабах мобилизации углекислоты, за счет восстановления которой могли образовываться углерод и углеводороды. Обращает на себя внимание тот факт, что повышенная углеродистость коррелируется с периодами эндогенной активности (принятыми тектоно-магматическими циклами).



Облик рудных объектов имеет одновременно признаки каждого из представителей триады (СГМ), а суммарный эффект дает высокую продуктивность мобилизации, переноса отложения и метаморфизма за счет слабооруденелой массы при суммировании этих эффектов. Различные сочетания седиментационных процессов (химического и физического выветривания, транспортировки и отложения, взаимодействия с флюидной фазой), последующие этапы динамо-термального метаморфизма и регенерации и вариации состава субстрата создали условия для большого разнообразия минеральных и морфологических типов руд. Однако наличие общих свойств и закономерное их изменение позволяют провести типизацию рудоносных образований по приуроченности к определенным лито-фациям:

### *1. СГМ месторождения в транзитных лито-фациях*

1.1. в конгломератах и других грубообломочных образованиях типа подгорных шлейфов и селевых потоков (Витватерсранд);

1.2. в турбидитах и флишоидных толщах (Хемло, Канада);

1.3. в терригенных и вулкано-терригенных комплексах (Кем-Мотор, Зимбабве).

### *2. СГМ месторождения в аккумулятивных лито-фациях*

2.1. в глинистых и глинисто-карбонатных породах (Морро-Велью, Бразилия);

2.2. в вулканогенно-осадочных комплексах, содержащих железистые кварциты (Колар, Индия).

### *3. СГМ месторождения в вулканогенных образованиях.*

В результате метаморфизма, сопровождавшегося интенсивными пластическими деформациями, залежи могли изменять свою первоначальную форму. Происходило так же перераспределение содержаний металлов. Степень изменений зависит от типа метаморфизма, его химических и физических параметров, состава пород и устойчивости направлений главных осей напряжений. Первичная стратиформность сохраняется при пластическом

течении (Морро-Велью, Колар, Лупин). Секущие жилы вдоль межпластовых и косо секущих трещин могут формироваться даже при слабом метаморфизме (Буффало-Анкерит). Нужно отметить, что подобные секущие жилы образуются даже при эпигенетических изменениях пород.

Магматизм рассматриваемого этапа относится к начальным этапам дифференциации магмы. Наиболее распространены базальты, реже дифференциация продвигается до дацита. Высокие поверхностные температуры и высокое содержание различных газов и кислот в атмосфере и гидросфере на нуклеарной стадии приводили к образованию амагматических, высоко минерализованных, поверхностных «гидротерм», аналогичных по свойствам и продуктивности магматогенным «постмагматическим», которые были характерны для последующих металлогенических эпох. Наряду со структурно-морфологическими особенностями оруденения, его масштабами, генетические условия рудообразования определяют так же и геохимические свойства. Так, осадочные по условиям отложения сульфиды (пирит, пирротин, арсенопирит и др.) по утяжеленному составу изотопов серы, отношению Ni/Co, содержанию золота и других элементов-примесей близки к «колчеданным», а не к осадочно-диагенетическим образованиям.

В разрезах позднего архея появляются и более широко представленные позже углеродистые «черные» сланцы, обогащенные углистым веществом (графитом). Признанной является их повышенная металлоносность, но отождествление повышенной углеродистости с биогенным органическим веществом не всегда правомерно. Таким образом, углеродистые толщи данного периода, во всяком случае многие из них, имеют в значительной мере эндогенную природу. На это указывают их изотопный состав, близкий к метеоритному, и часто встречающееся правое вращение оптической оси, нехарактерное для более молодых углеродистых толщ. В то же время некоторые из них, в т.ч. самые древние на Алданском щите, более близки к биогенному типу, судя по ассоциации их с наиболее дифференцированными

осадками (палеоглины, известняки, фосфориты). Но и в данном случае образование биогенных систем происходило за счет эндогенного углерода.

Золотоносные «черные» сланцы и вообще углеродистые образования, включая карбонатные толщи, более характерны для последующего эпиплатформенного и геосинклинального периодов развития Земли, когда были сформированы постоянные, но локальные седиментационные бассейны, где возрастает роль биогенного фактора.

Особенности эпиплатформенного периода наложили отпечаток на металлогению золота. Происходит его накопление в определенных фациях осадков седиментационных бассейнов, тяготеющих к периферии воздымающихся золотоносных структур, в структурах типа краевых прогибов. Наряду с поступлением кластогенного золота за счет разрушаемых пород областей сноса важную, если не решающую, роль играли истинные и коллоидные растворы золота и других элементов, образующиеся при химическом выветривании и поступающие с конседиментационными глубинными или полигенными эксгаляциями и гидротермами. Последующие преобразования (диагенез, метаморфизм, гидротермальная регенерация) привели к образованию метаморфогенно-гидротермальных месторождений золота. Типичными (эталонными) представителями являются месторождения Сухой Лог, Голец Высочайший (Бодайбинский-Патомский перикратонный прогиб), описанные в работах В.А. Буряка [14 и др.]. К этой же генетической группе, реализованной в более поздние времена, но в сходных условиях, принадлежат месторождения Хомстейк (США), Майское (Чукотка), представляющие крайние (сильную и слабую соответственно) степени метаморфизма. К промежуточной группе относятся многочисленные месторождения, в том числе Бобриковское (Украина), Бакырчик (Казахстан), Школьное, Даугыз и Мурунтау (Узбекистан), Кумтор (Киргизия), Маломыр (Приамурье). Все эти месторождения, судя по последним данным, кроме золота, содержат в значительных количествах, допускающих попутную добычу (1-5 г/т), металлы платиновой группы.

Геосинклинальный период развития Земли характеризуется разнообразием типов золотого оруденения. С развитием эвгеосинклинального вулканизма связано колчеданное оруденение. В связи с гранитоидным магматизмом орогенных этапов развития связана гамма сульфидно - золото - кварцевого оруденения. Обособление срединных массивов сопровождалось субаэральным вулканизмом и вулканогенным рудообразованием. Продолжалось формирование золотого оруденения, связанного с развитием черносланцевых комплексов. Характерной особенностью периода, вызванной образованием глубоких флишеидных прогибов с осадками большой мощности, является развитие метаморфогенно - гидротермальных (стратиформных) кварцевых жил типа Бендиго (Австралия), Аллах - Юньский район (Якутия).

Металлогения золота плитного периода характеризуется возросшей интенсивностью, что связано с вовлечением в сферу вещественных преобразований больших объемов «свежей», недифференцированной первичной коры вдоль зоны соприкосновения континентальных и океанических блоков. По-видимому, результатом взаимодействия этих блоков объясняется более широкий спектр элементов, участвующих в рудообразовании, сложный состав руд.

Изучение современных океанических процессов, в том числе на выходах современных гидротерм («черных курильщиках») заставило по-новому взглянуть на полученные ранее данные по рудоносности в аналогичных условиях, т.е. переосмыслить ретроспективу. В частности, полученные данные об обогащении водной среды металлами и минерализаторами были связаны не только с выносом из глубин, но и при взаимодействии гидротерм с ранее поднявшимися из глубин базальтами. Как пишет Н.В. Короновский [29]: «минералы базальтов разлагаются, и из них в воду переходят в значительных количествах Ca, K, SiO<sub>2</sub>, Fe, Mn, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> и тяжелые металлы Zn, Cu, а также Pb, Ag, Au, Sb, Sr, CH<sub>4</sub> и He». Считается, что сами выходы гидротерм не являются продуктивными в смысле рудообразования, т.е. «до 95-98% металлов уходит в «дым» и рассеивается в водной толще океана» [31]. Но эти

металлы позже адсорбируются илами в седиментационных бассейнах. И не только металлы, но и другие соединения, в.ч. углеводороды, синтезирующие органические соединения. Ученые называют этот процесс хемосинтезом. Энергия химических связей заменила им фотосинтез. Биомасса органики на единицу площади около «черных курильщиков» достигает 52 килограммов на квадратный метр.

Достаточно полную и надежную модель формирования рудогенерирующей формации в настоящее время, по-видимому, построить пока еще нельзя. Но определить перечень важных процессов вполне возможно. Начнем в порядке поступления в среду главных элементов (золото и углерод).

1. Поступление из недр земли углерода, золота, других металлов (отметим платину как типоморфный, но слабо изученный элемент) с гидротермальными растворами.
2. Механический привнос частиц с континента, в т.ч. органики и других носителей золота.
3. Адсорбция осадком компонентов из водной среды.
4. Бактериальное разложение органики и высвобождение золота и других компонентов.
5. Образование из высвобождающегося золота минеральных образований.

В этих процессах важная роль принадлежит биогенным преобразованиям. М.М. Константинов и Е.Д. Сынгаевский [28] собрали и обобщили разнообразную информацию об участии биогенных преобразований при формировании рудоносных осадочных формаций. Приведены экспериментальные данные, показывающие важную роль гуминовых кислот в накоплении золота в осадках. Они доказывают в принципе правомерность рассматриваемых связей. Но нужно иметь в виду особенность золота, рассмотренную в геохимическом разделе, его низкие концентрации в природных системах: содержание 1 г/т означает, что 1 атом золота окружен  $10^7$  молекулами воды (если идет разговор о водной среде). При таких

концентрациях минералообразование невозможно, а протекают нано-процессы. Первоначально нужно обеспечить локальное повышение концентраций, чтобы начался процесс, обозначенный выше в п. 5. Все предшествовавшие процессы должны обеспечить достаточную концентрацию органических соединений, способных высвободить количество золота для начала минералообразования. Органические соединения приобретают подвижность (начинают разлагаться и высвобождать золото) уже на начальных стадиях изменений, когда основная масса остается инертной. За счет этого также происходит локальная концентрация золота в подвижной среде и становится возможным образование золотин. Система из нано-геохимической стадии переходит в геохимическую. Для оценки характера процессов становится приемлемым использование геологических признаков. Например, масштабы области генерации, соответствующие области распространения рудогенерирующей формации, можно оценить по размерам бассейна, его однородности, выдержанности фаций и другим геологическим особенностям.

Приведенная характеристика металлогенических категорий позволяет построить ряд потенциальных возможностей рудогенерирующих комплексов (в порядке снижения масштабов): Яно-Колымская - Сете-Дабанская - Чукотская - Амуро-Охотская - Пильда-Лимурийская - Западно-Сихотэалинская - Сахалинская. Имеются в виду общие масштабы оруденения, но крупные объекты могут иметь место в каждом подразделении.

Особенности внутреннего строения бассейнов определяют течение процессов диагенеза и метаморфизма, т.е. перераспределение вещества, образование подвижной фазы и начало формирования месторождений. Расчлененность бассейнов, прежде всего, определяет локализованность перераспределения - количество областей перераспределения. Эта особенность также определяет течение следующих этапов регенерации - количество очагов гидротермально-магматической регенерации, их интенсивность и т.п. Все это позволяет использовать особенности геологического строения для прогнозирования особенностей оруденения и его масштабы.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что черносланцевые золоторудные месторождения являются полигенетическими, формирующимися не обязательно в течение одного тектоно-магматического цикла. Принятая систематизация золоторудных формаций не в состоянии характеризовать черносланцевые месторождения. Всю совокупность месторождений предлагается именовать «черносланцевые месторождения» (черносланцевый тип месторождений золота), имея в виду, что это рудоносная система, сформированная в ходе определенного развития стандартных процессов, определивших концентрацию рассеянных металлов и преобразование скоплений в минеральные формы.

Важно подчеркнуть, что развитие процессов ведет к образованию крупнообъемных объектов в разной степени локализованных (от одной - двух залежей до десятков). В зависимости от этого формируется методика их изучения. С самого начала важно установить возможные параметры залежей и их количество. Здесь не обойтись без геофизических методов (электроразведка ВП, ЕП, заряженного тела), но еще раньше нужно провести специальный анализ геологической информации, которая может оценить наиболее вероятную структуру рудного поля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автор полагает, что выделение черносланцевой рудоносной системы не закрывает проблему черных сланцев, а открывает ее на новом уровне, т.к. это должно привлечь внимание исследователей к изучению специфических вопросов рудообразования, которые могут лечь в основу повышения эффективности их изучения и вовлечения в освоение. По прогнозному потенциалу эта золотоносная система не имеет себе равных.

В этом смысле задачу публикации можно считать выполненной.

Хочется обратить внимание читателя на общенаучную проблему, которая невольно высвечивается. Генезис рудоносных черных сланцев мирит две постоянно противопоставлявшиеся крайности: органическое - неорганическое (глубинное - поверхностное). Диалектические противоположности едины и в их противоборстве происходит развитие. А там, где нет противоборства, начинается деградация. Это же гласит второй закон термодинамики.

В нашей жизни подобных примеров немало: демократия превращается в анархию, свобода - в безобразие, любовь - в разврат и т.п.

Возвращаясь к геологии, нужно сказать, что голый мобилизм истощает геологию.

Борьба противоположностей - основное правило развития.



## Библиографический список

1. Амосов, И.И. Рассеянное органическое вещество терригенных толщ и гидротермальное рудообразование // Пробл. осадочн. геологии докембрия./ И.И. Амосов, В.М.Яновский. - Вып. 7, кн. 1.М.: Наука, 1981, с. 59- 66.
2. Амудзинский, В.А., Анисимова Г.С., Баландин В.А. и др. Минералогия и геохимия золота Куларского района. / В.А.Амудзинский, Г.С.Анисимова, В.А.Баландин и др. - Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. 136 с.
3. Бакулин, Ю.И. О природе «облагораживания» золота. / Ю.И.Бакулин - ДАН СССР, 1983, т.271, № 2, с.396-397
4. Бакулин, Ю.И. Активный слой Земли./ Ю.И.Бакулин - Сов.геология, №4, 1990, с.104-107.
5. Бакулин, Ю.И. Систематизация оловоносных и золотоносных рудных систем для целей прогнозирования./ Ю.И.Бакулин - М.: Недра, 1991. 192 с.
6. Бакулин, Ю.И. Методология минерагении. / Ю.И.Бакулин -Отечеств.геология, № 6, 1993, с.46-50.
7. Бакулин, Ю.И. Геологическая история Земли и эволюция рудообразования. / Ю.И.Бакулин, В.А.Буряк - В сб. Геология и полезные ископаемые Приамурья. Хабаровск, 1999, с. 103-111.
8. Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Пересторонин А.Е. Карлинский тип золотого оруденения. Изд. ДВИМС, Хабаровск, 2001, 159с.
9. Бакулин, Ю.И. Золото и платина в золо-шлаковых отходах ТЭЦ г. Хабаровска. / Ю.И.Бакулин, А.А.Черепанов – Руды и металлы, 2003, №1, . 60-67.
10. Бакулин, Ю.И. О природе превращений золота в рудогенезе. /Ю.И.Бакулин. - Отечеств. Геология, №1, 2010, с.67-69.
11. Беневольский, Б.И. Золото России. Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. / Б.И.Беневольский - М., 1995.
12. Билибин, Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. / Ю.А.Билибин - М.: Госгеолтехиздат, 1955. 88 с.

13. Бурдэ, Б.И. Дифференциальный транспорт вещества и структура геологического пространства. / Б.И.Бурдэ - Тихоок. геология, 1986, № 2, с. 97-105.
14. Буряк, А.А. Металлогения золота. / А.А.Буряк, Ю.И.Бакулин. - Дальнаука, Владивосток, 1998. 403с.
15. Ветлужских, В.Г. Геолого-промышленные типы золоторудных месторождений Южной Якутии / В.Г.Ветлужских, А.А.Ким - Отечеств. геология, 1997, № 1, с. 16-24.
16. Геология золоторудных месторождений Востока СССР. - М., 1988. 264 с.
17. Геология и полезные ископаемые центральной части Главного металлогенического пояса Северо-Востока СССР - Якутск, 1989. 158 с.
18. Горячев, Н.А. Геология мезозойских золото кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии./ Н.А.Горячев. - Магадан, 1998. 210 с.
19. Горячев, Н.А. Основные этапы формирования мезозойского золотого оруденения на Северо-Востоке России // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Тез. докл./ Н.А.Горячев, И.Н.Котляр, Ньюберри и др. - Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997,с. 21- 23.
20. Домарев, В.С. Формации рудных месторождений в истории земной коры./ В.С.Домарев - М.: Недра, Ленинградск.. отд., 1989.167с.
21. Злобин, В.А. Геохимические особенности черносланцевых толщ, вмещающих золоторудную минерализацию на месторождениях Колымы. / В.А.Злобин - Геол. и геофизика, 1992, № 3,с. 73-86.
22. Золотые клетки для атомов и молекул. Новости химии. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.ChemPort\\_Ru.mht](http://www.ChemPort_Ru.mht)
23. Зотов, А.В. Магические кластеры и другие атомные конструкции./ А.В.Зотов, А.А.Саранин - Природа №6. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.VIVOS VOCO. Mht](http://www.VIVOS VOCO. Mht)
24. Индолев, Л.Н. Структура и минеральный состав Сарылахского золото-сурьмяного месторождения // Минералогия эндог. месторож. Якутии. / Л.Н.Индолев, И.М.Кошик, Ю.Я.Жданов - Новосибирск: Наука, 1974, с. 92-108.

25. Источники рудного вещества эндогенных месторождений. / М.: Наука, 1976. 340 с.
26. Константинов, М.М. Генетические типы золоторудных месторождений / М.М.Константинов.- Докл. АН СССР, 1984, 275, № 3, с. 696-699.
27. Константинов, М.М. Золото в осадочных формациях./ М.М.Константинов - М.: изд МЕЙЛЕР, 2009. 208 с.
28. Константинов, М.М. Биогенное рудообразование./ М.М.Константинов, Е.Д.Сынгаевский - М.: изд МЕЙЛЕР, 2011.172 с.
29. Короновский, Н.В. Основы геологии. / Н.В.Короновский, А.Ф.Якушева. - [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www .geo.web.ru](http://www.geo.web.ru).
30. Кривцов, А.И. Прикладная металлогения. / А.И.Кривцов - М. : Недра, 1989. 287 с.
31. Леенсон, И. Золото./ И.Леенсон - [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.krugosvet.ru](http://www.krugosvet.ru)
32. Мирзеханов, Г.С. Закономерности размещения и условия формирования золотого оруденения углеродисто-терригенных толщ юго-восточной части Аллах-Юньской зоны: Автореф. диссерт.канд.геол.-минер.наук / Гаджи Сиражутдинович Мирзеханов. Москва, 1988. 23 с.
33. Моисеенко, В.Г. Золоторудные месторождения Востока России. / В.Г.Моисеенко, Л.В.Эйриш. - Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
34. Мусалитин, Л.А. Металлогенические зоны Куларского антиклинория / Л.А.Мусалитин - Сов. геология,1971, № 8, с. 114-125.
35. Онищенко, Е. Золотые «нанолампочки»./ Е.Онищенко- [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.scientific. ru/journal/news/ 1104/n 121104.html](http://www.scientific.ru/journal/news/1104/n121104.html)
36. Бакулин, Ю.И. Основные проблемы изучения и добычи минерального сырья Дальневосточного экономического района. / Ю.И.Бакулин, В.А.Буряк, Е.Н.Галичанин и др.- Хабаровск: Изд.\_во ДВВИМСа, 1999. 214 с.
37. Развозжаева, Э.А. Тонкодисперсное золото и углерод в рудах Сухого Лога. / Э.А.Развозжаева, А.М.Спиридонов, Н.В.Вилор и др. - Геология и Геофизика, 1999, т.40, №9, с.1324-1330

38. Рождественский, В.С. Рудные районы и некоторые особенности металлогении Сахалинской складчатой области // Геол., металлог. гидрогеол. Сахалина и Курильских островов. / В.С.Рождественский - Владивосток, 1991, с. 14-31.
- 39.Смирнов, В.И. Металлогения и источники рудообразующих веществ // Закономерн. размещ. полезн. ископаемых. / В.И.Смирнов. - М.: Наука, 1976, т. 9, с. 5-19.
40. Смирнов, В.И. Эндогенная металлогения // Тектоносфера Земли./ В.И.Смирнов. - М.: Наука, 1978,с.121-169.
41. Смирнов, В.И. Энергетические основы постмагматического рудообразования / В.И.Смирнов. - Геология рудн. месторождений, 1981, № 1, с. 5-17.
42. Смирнов, В.И. Геология полезных ископаемых. 4-е изд. переработан. и дополн. / В.И. Смирнов— М.; Наука, 1982
43. Сухов, В.И. Металлогения Дальнего Востока России. / Ю.И.Бакулин, В.И.Сухов, Н.П.Лошак и др. - Изд. ДВИМС.Хабаровск.2000.217 с.
44. Фуллереновая модель образования структуры железо-углеродных сталей. / [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://rusnauka.narod.ru/lib/phisic/destroy/glava5.htm>
45. Школьник, Э.Л. Углеродистые породы и золото в них бассейна Витватерсранд, ЮАР - исследования с помощью электронного микроскопа. / Э.Л.Школьник, Е.А. Жегалло, Л.М.Герасименко, Ю.В. Шувалова. - М.; Эслан,2005.-120 с.



Люблю **книги**  
ljubljudknigi.ru



yes  
**i want morebooks!**

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов! Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на  
**www.ljubljudknigi.ru**

---

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**www.get-morebooks.com**

VDM Verlagsservicegesellschaft mbH

Heinrich-Böcking-Str. 6-8  
D - 66121 Saarbrücken

Telefon: +49 681 3720 174  
Telefax: +49 681 3720 1749

info@vdm-vsg.de  
www.vdm-vsg.de







