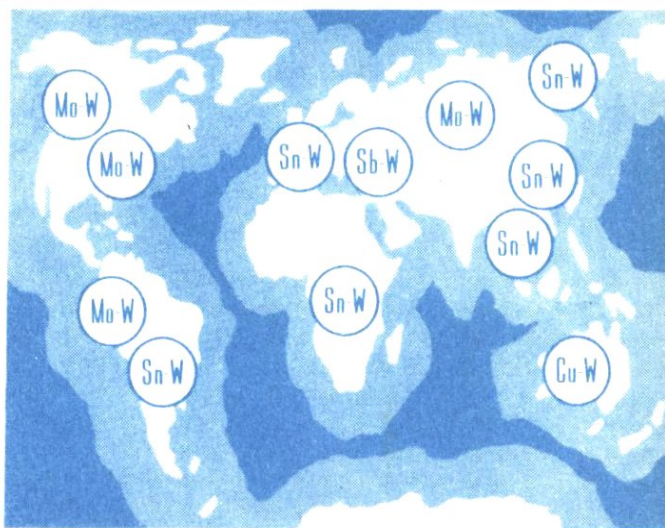


М. М. ПОВИЛАЙТИС

# Размещение вольфрамоворудных формаций их групп и ассоциаций



«Наука»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МОСКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ

М. М. ПОВИЛАЙТИС

# Размещение вольфрамоворудных формаций, их групп и ассоциаций в структурах земной коры, рудных поясах и провинциях

Ответственный редактор  
член-кор. АН СССР А. А. МАРАКУШЕВ



МОСКВА  
"НАУКА"  
1985



**Повилайтис М.М. Размещение вольфрамородных формаций, их групп и ассоциаций в структурах земной коры, рудных поясах и провинциях.** М.: Наука, 1985.

В книге показано размещение вольфрамородных формаций, их групп и ассоциаций в структурах континентов — на древних платформах и в их складчатом обрамлении (каледонида, герцинида, альпиды). Рассмотрены эволюция оруденения, различия времени, длительности, геодинамической обстановки формирования плутоногенного, вулканоплутоногенного и вулканогенного оруденения. Показаны особенности оруденения, залегающего в геосинклинальных, орогенных и платформенных комплексах и этажах.

Табл. 10, ил. 64, библиогр. 210 назв.

Рецензенты:

член-кор. АН СССР Е.А. РАДКЕВИЧ

член-кор. АН СССР Д.В. РУНДКВИСТ

---

Мargarita Maksimovna Povilaitytis

**РАЗМЕЩЕНИЕ ВОЛЬФРАМОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ,  
ИХ ГРУПП И АССОЦИАЦИЙ В СТРУКТУРАХ ЗЕМНОЙ КОРЫ,  
РУДНЫХ ПОЯСАХ И ПРОВИНЦИЯХ**

*Утверждено к печати редсоветом МОИП АН СССР*

Редактор издательства Л.М. Бекасова

Художник Д.А. Шпаков. Художественный редактор М.Л. Храмцов

Технические редакторы М.К. Серегина, Н.А. Торгашова

Корректор В.П. Крылова

Набор выполнен в издательстве на наборно-печатающих автоматах

ИБ № 29335

Подписано к печати 14.05.85. Т-00872. Формат 60 × 90 1/16

Бумага для глубокой печати. Гарнитура Пресс-Роман

Печать офсетная. Усл.печ.л. 17,0 + 0,9 вкл. Усл.кр.-отг. 18,1

Уч.-изд.л. 22,1. Тираж 600 экз. Тип.зак. 340. Цена 3 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Наука"

117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука"

199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

---

1904000000 - 298

П ————— 190-85 - II

042 (02) - 85

© Издательство "Наука", 1985 г.

В последние годы особенно злободневной стала проблема соотношений тектоники, магматизма и рудогенеза. Большое значение в создании базы для разработки научных принципов прогноза, поисков месторождений и перспективной оценки рудоносности территорий имели теоретические положения тектонистов советской школы А.Л. Архангельского, Н.С. Шатского, А.Л. Яншина, А.В. Пейве, Ю.А. Билибина, а также их учеников и последователей. Изданы тектонические карты континентов и объяснительные записки к ним, в которых обобщен колоссальный материал по строению и истории развития структур земной коры. Это способствовало выявлению новых закономерностей размещения месторождений.

Нами закономерности размещения оруденения освещаются на уровне таксонов разработанных автором на новых принципах систематик месторождений, охватывающих 1500 месторождений и включающих все известные их типы. Одна из них [57] построена на основе систематизации процессов дифференциации вещества, приводящих к образованию месторождений. По одной стороне матрицы нанесены генетические классы, выделяемые по источникам энергии, вызывающей эти процессы. Генетические классы подразделяются на генетические типы – магматический (для месторождений вольфрама крайне редок), гидротермальный (в широком смысле), осадочный и метаморфический, выделяемые по физическому состоянию среды, в которой протекают эндо-и экзогенные процессы рудоотложения, последние делятся на генетические группы (пегматитовая, скарновая, грейзеновая и др.) по процессам дифференциации (их диагностическим признаком являются колонки дифференциатов), в ходе которых осуществляется накопление руд. По другой стороне матрицы следуют рудные формации, выделяемые аналогично ведущим в промышленном отношении металлам, минеральные типы, намеченные по преобладающим рудным и нерудным минералам, не имеющим практического значения.

В основу трех систематик, применимых лишь к эндогенным месторождениям [54, 56], положено разделение их по рудным формациям (нанесены по одной стороне матрицы) и их ассоциациям (нанесены по другой стороне матрицы); в пределах ассоциаций рудных формаций в одной систематике деление производится по морфоструктурным, в другой – по минеральным типам рудных тел [54 и др.], в третьей – по метасоматическим формациям в их естественной последовательности формирования.

Во избежание разного толкования некоторых терминов нами разработана иерархическая система понятий, рудноформационного анализа, опре-

делений и терминов, частично опубликованная [57]. Приведем определения основных понятий, используемых в работе.

Генетическая группа месторождений полезных ископаемых — это понятие, отражающее самые общие и важные признаки месторождений, сформированных в результате дифференциации вещества в ходе определенного геологического процесса — магматического, гидротермального (метасоматического), метаморфического или осадочного, приводящего к образованию конкретной геологической (петрографической) формации. Примеры генетических групп: пегматитовая, грейзеновая, аргиллизитовая.

Экологическая фация (экофация) генетической группы рудных формаций — это понятие (введено автором), отражающее характерные черты месторождений данной группы рудных формаций, обусловленные спецификой химического состава вмещающей среды. Так, месторождения грейзеновой группы формаций можно подразделить на экофации: апоультрабазитовую, аплодоломитовую и апоизвестняковую, а также апогранитную и апосланцевую фации, различающиеся не только по эдуктам, но и по минеральному составу.

Формация (конкретная) месторождений полезных ископаемых — это понятие, отражающее самые общие и важные черты совокупности месторождений одной генетической группы с одним или одинаковыми ассоциациями двух или более ведущих (доминантных) в промышленном отношении металлов (для нерудных месторождений — пород, минералов, минеральных жидкостей или газов).

Ассоциация формаций полезных ископаемых — это понятие, отражающее наиболее общие черты месторождений, сопряженных в пространстве и времени с интрузивными телами, сформированными в определенных структурных условиях. Намечены три ассоциации формаций месторождений полезных ископаемых: плутоническая, вулканоплутоническая и вулканическая [53, 54, 57].

Особенности размещения месторождений вольфрама рассмотрены по тектоническим структурам, рудным поясам и провинциям, даны для каждого континента в зависимости от возраста завершающей складчатости или возраста процессов ТМА вмещающей геоструктуры, формационного состава пород, которыми сложены вмещающий структурный этаж и складчатый комплекс, от возраста и структурных условий [52] становления интрузивных тел рудоносного магматического комплекса [53]. Такой подход облегчает сопоставление вольфрамового оруднения соседних тектонических структур или структур одного типа, позволяет показать, на какие рудные формации перспективны структуры данного типа, какие поисковые критерии "работают" в их пределах. В книге теоретически обоснована система дифференцированных принципов прогноза, поисков и оценки месторождений вольфрама для геотектонических структур разных рангов, соответствующих разным этапам и стадиям эволюции земной коры, для рудных провинций разных типов, развиты и углублены теоретические положения, изложенные в предшествующих публикациях автора. В первой из них [54] намечены четыре типа вольфраморудных провинций по ассоциациям литологических формаций — осадочно-офиолитовый (уральский, зеленокаменный), кислых субэвральных вулканитов (центрально-казахстанский), терригенный (верхоанский)

и карбонатный (южно-тяньшаньский), а также типы рудных провинций, выделенные по структурным условиям становления рудоносных магматических комплексов (как теперь называют магматическим ассоциациям формаций), – плутонический, вулканоплутонический и вулканический.

В монографии [56] показаны различия типов рудных тел и полей, геологоструктурной позиции, минерального состава, структур и текстур руд, зональности оруденения, плутоногенных, вулканоплутоногенных и вулканогенных месторождений.

В работе [57] рассмотрен ряд закономерностей размещения месторождений вольфрама разных типов в структурах земной коры континентов.

В данной монографии углубленно рассматриваются те же вопросы, но делается ряд новых выводов, важных для разработки научных основ прогноза, поисков и оценки вольфрамового оруденения.

Мы рассматриваем особенности размещения месторождений W в подвижных поясах (рис. 1, вкл.), рудных поясах и провинциях каждого континента в порядке уменьшения возраста завершающей складчатости вмещающей структуры, тектоно-магматического цикла, к которому относится вмещающий структурный этаж, возраста оруденения, синхронной магматической ассоциации и формации, и ряда других факторов. Применяются разработанные автором дробные систематики месторождений вольфрама. Такой подход дает возможность проследить размещение вольфрамоворудных формаций в дискретном пространстве (тектонических структурах и структурных этажах) и в дискретном времени (по тектоно-магматическим циклам) и расширяет возможности формационного и металлогенического анализа.

Анализ особенностей размещения месторождений вольфрама в тектонических структурах отдельных регионов делали Е.А. Радкевич, Д.В. Рундквист, В.К. Динисенко, А.Д. Щеглов, С.Ф. Луговой, Е.П. Малиновский, М.П. Материков, И.Н. Томсон, В.С. Кормилицин, А.К. Каюпов и другие исследователи. Ряд закономерностей отмечался и ранее, например, для некоторых регионов приуроченность вольфрамового оруденения к поднятиям. Нами эти исследования продолжены и детализированы.

Впервые систематически показана приуроченность определенных формационных таксонов предложенных автором систематик месторождений к тем или иным структурам континентов, к определенным структурным этажам и складчатым комплексам, данные о размещении оруденения по отношению к элементам метаплатформенных областей, относительно глубинных разломов различного тектонического положения, глубины заложения и степени проявленности на земной поверхности и в тех или иных структурных этажах. Уточнена приуроченность месторождений к структурам с определенной мощностью земной коры, возраст оруденения, геодинамическая обстановка формирования.

В работе использованы многочисленные (несколько тысяч) литературные источники. Помимо перечисленных в списке литературы, это капитальные труды по тектонике, петрологии, геологическому строению регионов, рудноформационному анализу, и т.д.

ГЛАВА I  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ  
ВОЛЬФРАМОВОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ, ИХ ГРУПП  
И АССОЦИАЦИЙ В СТРУКТУРАХ ЗЕМНОЙ КОРЫ

---

На размещение месторождений вольфрама в пределах геосинклинально-складчатых областей и платформ, а также в областях их ТМА<sup>1</sup> влияет блоково-слоистое строение этих структур, наличие в их фундаменте, чехле, орогенном этаже, структурно-вещественных комплексов, соответствующих тем или иным тектоно-магматическим циклам [57], а также структур более крупных масштабов глубокого заложения, имеющих продолжение в соседних океанических поднятиях или трансструктурных нарушениях — зонах сквозных глубинных разломов, авлакогенных и авлакогеосинклинальных зонах древних платформ, т.е. зон особенно повышенной проницаемости для магм и растворов.

Вольфрамовое оруденение, приуроченное к различным структурным элементам земной коры, к образованиям разнотипных и разновозрастных структурных этажей может быть выражено разными формациями, их группами или ассоциациями, различаться по геолого-структурной позиции, морфоструктурным типам рудных тел и полей, ассоциациям минералов, наборам попутных компонентов руд, по особенностям зональности минерализации, и в частности оруденения, в рудных телах и полях, его масштабам и т. п.

В различных поперечных сегментах и продольных зонах конкретных геосинклинально-складчатых систем или подвижных поясов контролировать месторождения даже одной группы формаций могут отложения разнотипных и разновозрастных структурных этажей и подэтажей, отдельные стратиграфические горизонты. Если месторождения разной формационной принадлежности находятся в одном структурном элементе и даже в одном этаже геосинклинально-складчатой системы, платформы или орогенной структуры, то они различаются по возрасту оруденения, связи его с теми или иными магматическими комплексами или ассоциациями, соответствуют разным этапам тектонического развития [57].

В структурных единицах земной коры, сложенных отложениями геосинклинального этажа, присущих рудным провинциям одного типа, независимо от тектоно-магматического цикла, которому этот этаж соответствует, обычно развивается сходное в формационном отношении оруденение.

Важность выделения структурных этажей и ярусов при выяснении закономерностей образования и размещения эндогенного оруденения в пределах рудоносных площадей подчеркнули Ф.И. Вольфсон и Л.И. Лукин.

---

<sup>1</sup> Здесь и далее ТМА — тектоно-магматическая активизация.

Они показали в общей форме некоторые особенности структурных условий локализации гидротермальных месторождений в фундаменте, геосинклинальном, платформенном и орогенном этажах и предложили геолого-структурный метод изучения размещения месторождений [13, 14], основанный на представлениях Ю.А. Билибина о трех этапах (стадиях) развития геосинклиналей в течение одного тектоно-магматического цикла, которым соответствуют нижний, средний и верхний структурные ярусы. Как синоним термина "структурный ярус" Ю.А. Билибина они применили термин "структурный этаж", а термин "структурный ярус" — для более дробного деления. Позже под термином "геосинклинальный этаж" они упомянули иное понятие: "При полициклическом развитии территорий число геосинклинальных структурных этажей возрастает. Например, на Кавказе, где проявилось четыре цикла геосинклинального развития (каледонский, герцинский, киммерийский и альпийский), соответственно выделяются четыре геосинклинальных структурных этажа".

В тектонике термин структурный этаж используется для обозначения разных понятий: "если на платформе структурные этажи соответствуют одному или нескольким циклам тектогенеза, то в складчатых областях они отвечают частям этих циклов" (Международный словарь. М.: Мир, 1982).

"Структурный этаж — стратиграфическая последовательность, соответствующая определенному этапу развития земной коры и выделенная по следующим признакам: 1) общность структурного плана, отличного от структурного плана выше- и нижележащих структурных этажей; 2) характерные формации (или формация), слагающие структурный этаж; 3) тип и интенсивность складчатости; 4) степень метаморфизма; 5) наличие интрузивных пород, не прорывающих вышележащие структурные этажи; 6) наличие разделяющих структурные этажи несогласий — от стратиграфических до региональных".<sup>1</sup>

Такое определение применимо для структурно-формационных комплексов, отвечающих и "структурным ярусам" Ю. А. Билибина, и "структурным этажам" Л.И. Лукина и Ф.И. Вольфсона, и "складчатым комплексам" А.А. Богданова, а также соответствующих "стадиям развития земной коры" Е.Б. Павловского и "этапам тектоно-магматической активизации" А.Д. Щеглова и т.д. Но число терминов должно соответствовать, как известно, числу понятий. Поэтому образования, соответствующие определенным тектоно-магматическим циклам, в пределах структурного этажа, представляется более правильным называть геосинклинальными, платформенными, или орогенными комплексами. Понятие геосинклинальный комплекс соответствует термину "складчатый комплекс" А.А. Богданова.

Большое металлогеническое значение имеет предложенное А.Л. Яншиным подразделение платформ на древние (с добайкальским фундаментом) и молодые (с послебайкальским фундаментом). Для металлогенических целей важно подразделять платформы еще по возрасту консолидации и по составу структурно-формационных комплексов фундамента, отвечающих стадиям развития земной коры (лунной, нуклеарной и т.д.). Особенно

<sup>1</sup> Богданов А.А., Муратов М.В., Хаин В.Е. Об основных структурных элементах земной коры. — Бюл. МОИП., Отд. геол., 1963, т. 38, вып. 3.

важно различать разновозрастные этажи в областях полициклического развития, где разновозрастные структурные комплексы располагаются один над другим, но могут быть пространственно разобщены или обнажаться в разных блоках. Области полициклического развития могут быть геосинклинальными (полигеосинклинали, по Е.А. Радкевич), платформенными (полиплатформы), орогенными (полиорогены).

В тектонических (структурных) комплексах, соответствующих определенным тектоническим циклам, можно выделять подкомплексы, соответствующие фазам тектогенеза, давая им собственные названия. Например, каледонский цикл объединяет фазы: 1 — салаирскую (предордовикскую и раннеордовикскую), 2) — таконскую (предсилурийскую); 3) — позднекаледонскую (преддевонскую и раннедевонскую). Герцинский цикл объединяет фазы: 1 — бретонскую (предкарбонную), 2) — судетскую (предсреднекарбонную), 3 — уральскую (предпермскую), 4 — позднегерцинскую (предтриасовую и раннетриасовую). Таковы же должны быть названия подкомплексов (или подэтажей) (?).

От фазы к фазе и от одного места проявления определенной фазы к другому могут изменяться характер оруденения, его условия образования, залегания и его масштабы.

При попытке проследить закономерности размещения месторождений вольфрама в разных структурных этажах, осуществленной Е.П. Малиновским [36], определенных выводов не получено из-за отрывочности использованных им сведений, смещения складчатых комплексов с комплексами более крупных рангов — структурными этажами, невыдержанности принципов и чрезмерной укрупненности таксонов применявшейся классификации месторождений вольфрама. В теоретических построениях и методическом подходе этого исследователя имелась принципиальная ошибка: анализировалось размещение в структурных этажах самого оруденения. Однако при залегании рудных тел в интрузивных породах рудоносного магматического комплекса и те и другие следует относить к единой гидротермально-магматической системе, и определять размещение в структурных этажах именно этой системы, несмотря на то, что само оруденение может залегать при этом в интрузивных породах, относящихся к более молодому структурному этажу.

Лишь для территории Китая показана приуроченность скарнового оруденения к чехлу, жильного — к фундаменту платформы. На самом деле в чехле также есть жильно-грейзеновое оруденение, но иной, чем в чехле, экологической фации. В предшествующих работах понятия "геосинклинальный этаж" и "складчатый комплекс" отождествлены, не учтены структурно-формационные комплексы, соответствующие лунной, нуклеарной, протогоосинклинально-протоплатформенной, геосинклинально-платформенной, континентально-океанической стадиям развития Земли, различия литологических, а также магматических формаций и ассоциаций (критерием подразделения считались не структурные условия становления магматических комплексов, а их глубинность, которая недискретна, критерием систематизации быть не может), слагающих структурные этажи, стали учитываться после наших работ (Ю.Г. Сафонов, 1981 г.).

Месторождения литофильных металлов, в том числе вольфрама, размещаются только в структурах, прошедших геосинклинальный цикл разви-

тия, т.е. в тех структурах, земная кора которых имеет гранитно-метаморфический слой, а этот слой наращивается в каждый тектоно-магматический цикл. Поэтому если Л.И. Лукин и Ф.И. Вольфсон основное внимание уделили общим особенностям оруденения в фундаменте геосинклинальном, орогенном этажах и чехле платформ, то нами акцент перенесен на сравнительный анализ особенностей оруденения и условий его локализации в структурных подразделениях земной коры — однотипных, но соответствующих разновозрастным тектоно-магматическим циклам, и разновозрастных, но сложных разнотипными ассоциациями литологических и магматических формаций. Изучение особенностей оруденения в подобных геосинклинальных, платформенных или орогенных комплексах важно для выявления закономерностей размещения месторождений разных формаций, их групп и ассоциаций, а также для прогнозирования (в том числе глубинного), и прослеживания филогенической ветви эволюции оруденения.

Проведенный нами анализ обширного материала с этих позиций с применением значительно более дробной систематики месторождений при учете возраста тектонических комплексов, структурных условий локализации и формационной принадлежности рудоносных магматических комплексов, четко выявил закономерности локализации вольфрамоворудных формаций, их групп и ассоциаций в структурах земной коры и во времени [57]. Покажем это на примере вольфрамоворудных провинций и поясов континентов.

## 1. СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

### Северо-Американская платформа

На этой платформе месторождения вольфрама расположены в Канадско-Гренландском щите, в фундаменте плиты, изредка (в Прикордильерской зоне эпиплатформенного орогенеза) — в чехле. (табл. 1, рис. 2).

На Канадско-Гренландском щите в провинциях Озера Верхнего и Невольничьей (область кеноранской складчатости, 2500 млн.лет) известны шеелитовые месторождения (Иеллоунайф и др.) золото-вольфрамовой формации березит-лиственитовой группы, ассоциирующие с породами габбро-гранитной формации, характерной для позднегеосинклинальной (частных инверсий) стадии развития. Пояс эти месторождений протягивается вдоль южного вторичного ограничения этого щита, возможно наследующего какое-то древнейшее тектоническое нарушение.

В пределах плиты Северо-Американской платформы в месте стыка блоков фундамента с возрастом консолидации 2,5 млрд.лет и более, 2,5—1,5 млрд.лет, 1,5—1,2 млрд.лет (рис. 3), в выступе сиалического фундамента с возрастом консолидации 1,5—1,2 млрд.лет, обнаженном эрозией во время третичной ТМА (тектоническое "окно"), расположен рудный узел Блэк Хиллс. В гранитных плутонах (PR) и вблизи них в кристаллических сланцах (PR) известно свыше 40 докембрийских месторождений (Сильвер Хилл и др.) оловянно-вольфрамовой формации пегматитовой и грейзеновой групп. В другом выступе фундамента (возраст консолидации 1,5—1,2 млрд.лет), расположенном в штате Миссури, также выявлены месторождения (Эйнштейн и др.) оловянно-вольфрамовой формации грейзено-

Структурные позиции	Типы рудных провинций, их названия	Магматические ассоциации, комплексы, породы	Вмещающие породы, их возраст, структурный этаж	Рудные формации, их группы	Типы рудных тел	Минеральные ассоциации	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7	8
Северо-Американская платформа (P <sub>1</sub> Є)							
Канадско-Гренландский щит, блоки с возрастом ≥ 2500 млн.лет	Офиолитовый (субмаринных вулканитов, зеленокаменный) провинции озера Верхнего, Невольничья	Плутоническая, гранитный	Вулканиты (основные) кеноранского и более древних складчатых комплексов фундамента	Золото- и молибден-вольфрамовая березитовая	Зоны окварцевания, Q-прожилки	Кв, Сд, Сад, Сс	Иеллоу-Найф, Поркюпайн (Канада)
Выступ докембрия (2500–1500 млн.лет) – активизированный блок плиты	Терригенный Блэк Хиллс	Плутоническая, гранитоидный γ <sub>1</sub> , (P <sub>1</sub> Є)	Кристаллические сланцы, кварциты, γ, (P <sub>1</sub> Є) фундамент	Оловянно-вольфрамовая пегматитовая	Жилы пегматита	Кв, Пш.Ш. К, Кол	Сильвер Хилл, Хилл Сити, Тингон, Ниггер Хилл, Этта (США), (Южная Дакота)
Выход докембрия (1500–1200 млн.лет) в антеклизе	Терригенный рудный район Сильвер Майн	Плутоническая, гранитный (P <sub>1</sub> Є)	Сланцы готского комплекса фундамента	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Вт, Кас, Т, Ап, Сер, Ильм, Цин, Арс, Ок, Fe, П, Пр, Сф, – бод. Тэн	Эйнштейн, Айпекс, Оуверк (США, Миссури)
Фундамент плиты (2500–1500 млн.лет),	Переходный между терригенным и	Вулканическая (?), (P <sub>1</sub> Є)	Метаморфические породы (P <sub>1</sub> Є)	Тактитовая	Послойные залежи скарноидов	Кцз, Вез, Гр, Ли, Вл, Тремо-лит, Ск, Пк, Ш, Мош	Тэриалл Спрингс, Блэкхавк (США, Колорадо)
вскрытый вдоль границы активизированной метаплатформы Колорадо	офиолитовым (субмаринных вулканитов)		фундамента – известково-силикатные пара- и ортогнейсы, амфиболиты				
Подвижные пояса обрамления Северо-Американской платформы Аппалачский мегасегмент Атлантического подвижного пояса Южный сегмент (C <sub>1</sub> / C <sub>2</sub> )							
Эвнтрагеоантиклинальное поднятие	Офиолитовый (субмаринных вулканитов, зеленокаменный)	Плутоническая роговообманково-биотитовых гранитов (C <sub>1</sub> ?)	Слюдяные сланцы и гнейсы (C–O) в экзоконтакте плутона гранитов	Молибден-вольфрамовая серицит-кварцевая	Жилы кварца	Кв, Гб, Ш, Фл, Сер, Рх, Сд (Гл, Сф, П, Хп)	Хэмм, Хейл Майнс (США, Северная Каролина)
		Плутоническая, гранодиорит-гранитная (P <sub>1</sub> Є–Є)	Метаандезиты и метапелиты (PZ <sub>1</sub> или PR <sub>2</sub> ) в экзоконтакте плутона гранитов (520–620 млн.лет)	То же	То же	То же	Тангстен Куин (США, Северная Каролина)
Северный сегмент (D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub> )							
Граница орогенного прогиба, наложенного на эвнтрагеоантиклиналь	Граница терригенной и офиолитовой (субмаринных вулканитов)	Вулкано-плутоническая. Штоки и дайки f (?), m γ и π (320 ± 18 млн.лет)	Графитовые сланцы (0), граувакки и сланцы (S <sub>2</sub> или D <sub>1</sub> ), кислые и средние эффузивы	Молибден-вольфрамовая грейзеновая; оловянно-вольфрамовая кварц-турмалин-хлоритовая	Зоны и трубки брекчий, жилы и прожилки кварца, зоны грейзенов	Кв, Мо, Вт	Маунт-Плезант (Канада)

Т а б л и ц а 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
Кордильерский подвижный пояс (северо-восточный сектор Тихоокеанского кольца).							
Аляскинский сегмент ( $J_3 - K_1$ )							
Юконский срединный массив	Переходный между терригенным и порфировым (субаэральных вулкаников)	Плутоническая (?) Гранитный ( $K_2$ )	q-жилы (MZ)	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Зоны грейзенов	К, Т, Фл, Вт, Мо	Лост-Ривер (США, Аляска)
Канадский сегмент ( $J_3 - K_1$ )							
Эвнтрагеоантиклинальное поднятие	Переходный между карбонатным и терригенным	Плутоническая гранитоидный qmz, $\gamma$	Прослой известняков и доломитов в песчано-сланцевой толще ( $\epsilon - O$ ) каледонского комплекса, геосинклиальный	Вольфрамовая скарновая	Залежи скарнов послонные, реже контактовые	Ли, Эп, Ак, Ш, Хп, Сф; Пр (иногда массивные скопления)	Флэт-Ривер, Эмеральд Фини, Лоджер (Канада)
	Переходный между терригенным и офиолитовым (субаэральных вулкаников) (and)	Плутоническая гранитоидный $\gamma d$ , жилы and, qd, ( $K_2$ )	Андезиты, тонкообломочные породы ( $J_3 - K_1$ ) = d, $\gamma d$ , геосинклиальный	Переходная между медно-и золото-вольфрамовой Березитовая	Жилы кварца	Кв, Ш, Пш, Амф, Ап, Сд (П, местами Кб, Сад Со и или Гл, Сф), Сс (Тэ), Кб (Кц, Анк)	Ред-Роз, Речер-Дебул (Канада, Британская Колумбия)
Калифорнийско-Колумбийский сегмент. Зона невадийской складчатости ( $J_3 / K_1$ )							
Эвнтрагеоантиклинальное поднятие Кордильерской складчатой системы, граница блоков палеозойской и мезозойской консолидации	То же  Карбонатный	Плутоническая гранитоидный (К) d, $\gamma$ , $\alpha$ , $\alpha - pg$  Плутоническая, гранитоидный qmz, $\gamma d$ , $\gamma$ ( $J_3 - K$ )	То же  Известняки, доломиты, глинистые сланцы, кремнистые и туфовидные породы (Т), геосинклиальный	Молибденвольфрамовая пегматитовая  Молибден-вольфрамовая скарновая	Жилы пегматит-Кв, Олг, Мош, та линии "скрепления"  Залежи скарнов контактовые	Кв, П, Аг, Гб, Сф, Хп, Сс, Ад, Фл  Гр, Эп, реже Пк (Ди-Ге) Ш, обильные Сд (Пр, П)	Ореана (США)  Милл-Сити, Пайн Крик, Тангстен Хиллс, Блэк Рок, Найтингейл (США)
Интрагеоантиклиналь раннеальпийской консолидации, граница эв- и миогеосинклинальных эфд, эвгеосинклинальная зона	Порфировый (субаэральных вулкаников) (and, pl)  Переходный между карбонатным и порфировым (субаэральных вулкаников) (and)	Вулканическая (покровы лав) (N-P)  Вулканическая дайки базальтов, and, qmz ( $T_1$ , $N_{1-2}$ ) дайки, силлы, штоки pl ( $N_2$ )	(12 млн лет - $N_1$ ), риолиты, Орогенный  d и qmz (MZ) иногда вулканиты (Т), кристаллические сланцы и гнейсы (AR)	Золото-серебряно-вольфрамовая аргиллизитовая (?)  Переходная сурьмяно-золото-вольфрамовая аргиллизитовая	Метасоматические залежи кварца  Штокверки Q-прожилков  Вкрапленные руды	Кв, П, Аг, Гб, Сф, Хп, Сс, Ад, Фл  Кв, Ам, Ш  Au-носные Сд, Fe, Те, Аг	Зака (США)  Атолия, Сильвер, Дайк, Иеллоу Пайн (США)
Интрагеоантиклиналь, границы эв- и многогеосинклинальных зон	Переходный между порфировым (субаэральных вулкаников) (dz-pl) и карбонатным	Вулканическая (Q)	Известняки, кварциты, филлиты геосинклиального этажа (Т)tr орогенного этажа. Рапа озера; орогенный этап (10-24 тыс. лет)	W-содержащая гидроокисная железо-марганцевая	Пластообразные и прожилковые тела	Ли, Пм, с примесью W  Галоиды, бораты, сульфаты	Голконда, Содавиль (США)  O <sub>3</sub> . Сёрлс США)

Т а б л и ц а 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	
			Зона ларамийской складчатости ( $K_2/P$ )					
Выступы фундамента (Pt $\in$ ), миогеосинклинальная зона	Терригенный	Плутоническая (?), гранитный (Т или $K_2$ )	Сланцы, филлиты, слюдястые кварциты серии Белт (PR)	Совмещение молибден-вольфрамовой грейзеновой и серицит-кварцевой	Зоны грейзенов	Вт, Мо, П	Има, Бориана (США)	
То же	Порфиновый (субаэральных вулканитов, кислых)	Вулкано-плутоническая Штоки, дайки rL, qmz, (P - 24-30 млн.лет)	$\gamma$ -п субвулканические (P)	Молибден-вольфрамовая полевошпат-кварцевая (?)	Брекчиевая труба	Кв, Гб, Ш обильные Сд (П, Хп), Сс, Cu, Вi, и др.	Литтл Коттон Вуд (США)	
Дугообразный изгиб Кордильер. Зона поперечных разломов	Карбонатный	Вулкано-плутоническая, шток $\gamma$ -п дайки rL, Lat ( $N_1$ )	Гранитоиды плутона Айдахо (MZ)	Переходная золото-серебряно-вольфрамовая	Жилы, прожилки кварца	Кв, Гб, обильные Сд (П, Хп, Сф, Дг)	Нью-Сноуберд (США)	
			Зона TMA (KZ) Северо-Американской платформы (2500-1500 млн.лет)					
Метаплатформа, перекрытая вулканическим поясом	Переходный между карбонатным и субаэральных вулканитов	Вулкано-плутоническая, Штоки, дайки rL, qmz ( $N_1$ )	Известняки, кварциты, роговики (PZ) (чехол платформы)	Молибден-вольфрамовая скарновая	Залежи скарнов послонные, контактовые	Гр, Дл, Мош, обильные Ок Fe	Айрон Маунтин, Олд Хикори, Коппер Кинг (США)	
докембрия в месте выклинивания эпиплатформенного рифта	между терригенным и порфировым (субаэральных вулканитов, кислых)	тоническая. Штоки $\gamma$ -п и qmz-п ( $P_3$ 24-30 млн.лет)	таллические сланцы	фрамовая полевошпат-кварцевая	прожилков кварца	(Fe, Cu, Zn и Pb)	Урад, Гендерсон (США)	
Выступ докембрия в перикратонном прогибе Денвер	Терригенная	Вулканическая. Резко контрастных составов rL, and, tr, tt ( $P_3$ )	$\gamma$ и qmz (Pt $\in$ ) Фундамент	Золото-вольфрамовая, переход к серебряно-золотой, аргиллизитовая	Зоны брекчии	Кв, Фб, много Сд, глинистые минералы, Кб, Б, Кпша Бр, Те, Ап и Ag	Округа Боулдер (США)	
Краевая часть плиты	Порфиновый (субаэральных вулканитов, кислых)	Вулканическая Кислые вулканиты Орогенный этап	Доломиты ( $\in$ ) чехла платформы, тела риолитов (Tr)	Золото-вольфрамовая	Пологие зоны окварцевания	Кв, Гб, З, минералы Ag	Ледвуд (США)	
			Мексиканский сегмент					
Интрагеоантиклиналь, граница эв- и миогеосинклинальной зон	Карбонатный	Плутоническая Гранитоидный (MZ)	Известняки, сланцы (MZ) Геосинклинальный	Переходная между молибден-вольфрамовой и медно-молибденовой, скарновая, редко серицит-кварцевая	Залежи скарнов	Эп, Гр, Ш, Мс, Хп	Эль-Феномено, провинция Бая, Калифорния Норте; Морелос, Чиуауа (Мексика)	
				Золото-вольфрамовая	Жилы кварца	Кв, Ш, З, Кц, Хп, Мо	Области Текопуна, Педро-Дом (Мексика)	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
	Порфировая субэвральных вулканитов (кислых), Центральное плато	Вулканическая гл., dz (P) Орогенный этаж	г1, (P) Орогенного этажа	Оловянно-вольфрамовая Грейзеновая (?) ("риолитовая")	Зоны Q-прожилков	Кв, Фб, К, Гм	Без названий (Мексика)
Меоинтрагео-антиклинальное поднятие	Переходный между терригенным и порфировым (субэвральными вулканитов)	Вулканическая (?)	Отложения чехла платформы	W-содержащая гидроокислов железа и марганца	Первичные шляпы гидроокислов Fe и Mn	Пм, Пир, Ли W содержащие	Таламантес (Мексика)

Примечание: Условные обозначения к табл. 1-10: области ТМА - области тектоно-магматической активизации. Буквенные обозначения пород: γ - граниты, γd - гранодиориты, d - диориты, qd - кварцевые диориты, mγ - микрограниты, f - фельзиты, qmz - кварцевые монзониты, s - сиениты, mз - микросиениты, α - аплиты, pg - пегматиты, rl - риолиты, dz - дациты, and - андезиты, b - базальты, диабазы. Буквенные обозначения минералов. Самородные элементы: З - золото - Ви - висмут, Гф - графит. Сульфиды (Сд) и арсениды: Мо - молибденит, Тунг - тунгстенит, П - пирит, Пр - пирротин, Гл - галенит, Сф - сфалерит или марматит, Мар - марказит, Вс - висмутин, Аг - серебристый, Ам - антимонит, Кр - киноварь, Дг - дигенит, Ап - арсенопирит, Хп - халькопирит, Бо - борнит, Кб - кобальтин, Ж - жозеит, Мин Ви - минералы висмута, Дг - дигенит, Арс Ni - арсениды никеля, Саф - саффорит. Сульфидарсениды (Сад): Сад Со и Ni - сульфидарсениды Со и Ni, сульфосоли (Сс): Сс Ag - сульфосоли серебра, Св Су и Рб - сульфовисмутиды Су и Рб, Бр - блеклые руды, Эн - энаргит, Те - теллуриды, Те Ag - теллуриды серебра; Тэ - тетраэдрит, Сс Су, Ви, Аг - сульфосоли Су, Ви, Аг, См - смальтин, Бу - бурнонит, Окислы: Кв - кварц, К - касситерит, окислы железа (Ок Fe): Гм - гематит, Мг - магнетит, Ли - лимонит; Пм - псиломелан, Пир - пирролизит, соли кислотных кислот: Вт - вольфрамит, Фб - ферберит, Гб - гюбнерит, Ш - шеелит, Мош - молибдосеелит, карбонаты (Кб); Рх - рудохроизит, Си - сидерит, Кц - кальцит, Анк - анкерит, Мез - мезитит, Пи - пистомезит; фосфаты: Апт - апатит, Трп - триплит, Та-Nb - тантало-ниобаты, Кол - колумбит, Б - барит, галоиды: Фл - флюорит. Силикаты: Бус - бустамит, Гр - гранат, Пк - пироксен, Вл - волластонит, Трем, Ге - геденбергит, Ди - диопсид, Эп - эпидот, Кцз - клиноцоизит, Амф - амфибол, Вез - везувиан, Ак - актинолит, Дл - даналит, Аф - апофиллит; полевые шпаты (Пш): Орт - ортоклаз, Кпш - калиевый полевой шпат, Кпша - адуляр, Пк - плагиоклаз, Аб - альбит, Олг - олигоклаз; слюды (сл): Би - биотит, Плт - протолитионит, Цн - цинвальдит, Му - мусковит, Сер - серицит, Гсл - гидрослюда; Хл - хлорит, Бер - берилл, Анд - андалузит, Т - топаз, Ту - турмалин.

Здесь и далее поправки абсолютного возраста на новые константы не введены.

4345

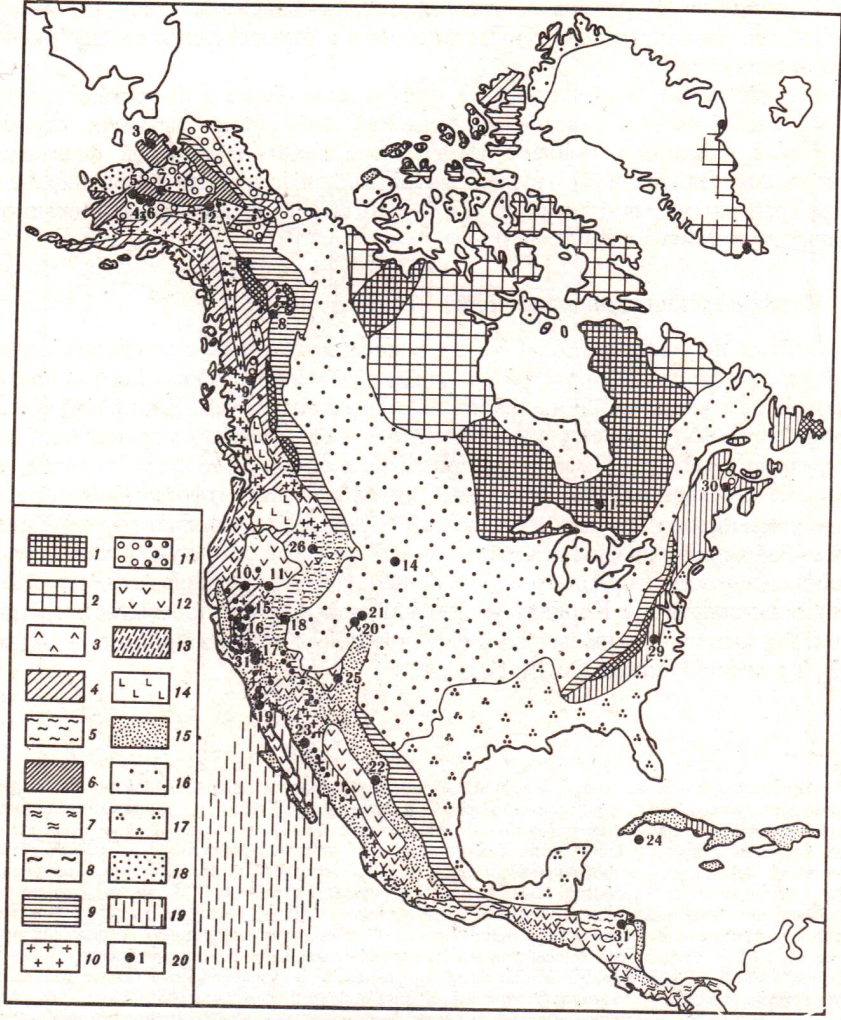
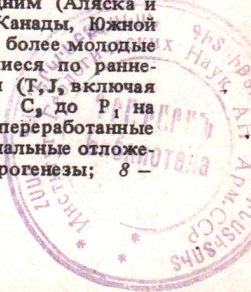


Рис. 2. Размещение вольфрамородных формаций в структурах земной коры Северо-Американского континента, по Ф.Б. Кингу и Х.Ф. Гайлду

1 — осадочные и вулканические породы, граниты и гнейсы (AR), синорогенные кеноранской и более молодым орогениям; 2 — недифференцированные метаморфические и plutonические породы гудзонского складчатого пояса, граниты и гнейсы (PR<sub>1</sub>), синорогенные гудзонской орогении; 3 — осадочные и вулканические породы (PR<sub>2</sub>), деформированные в докембрии, лежащие на фундаменте серий Гудзонской, Кивинаванской, Белтской или Большого Каньона; 4 — осадочные, вулканические, метаморфические, plutonические породы (PR<sub>2</sub>-), затронутые докембрийским и переработанные палеозойским (Аппалачи, Ньюфаундленд) или более поздним (Аляска и Канада) орогенезом; 5 — метаморфический комплекс Аляски, Канады, Южной Мексики и севера Центральной Америки. Частично, включает PZ<sub>1</sub> и более молодые породы, местами парасланцы, парагнейсы, мигматиты, образовавшиеся по раннегеосинклинальным отложениям; 6 — эвгеосинклинальные отложения (Т, J, включая K<sub>1</sub> в Бая Калифорнии), деформированные в невадийский орогенез, С<sub>2</sub> до P<sub>1</sub> на Аляске, PR<sub>1</sub> — в других частях. Деформированы в палеозойские и переработанные более поздними орогенезами; 7 — древние и молодые эвгеосинклинальные отложения (J, K, Tr), деформированные в мезозойский и более молодые орогенезы; 8 —



вой группы, но, в отличие от упомянутых, Ag-содержащие. Все эти месторождения плутоногенные, сформированы в раннеорогенную стадию развития геосинклинали.

В фундаменте в вайомингском мафическом блоке и на границе глыбы Колорадо и плиты Северо-Американской платформы вскрыта стратиформная шеелитовая минерализация молибден-вольфрамовой формации скарновой (тактитовой) группы, которую можно отнести к индуцированной гранитными плутонами в толще обогащенных вольфрамом осадков раннегеосинклинальной стадии.

### Кордильерский подвижный пояс

Этот пояс включает одноименную геосинклинально-складчатую систему (на западе) и третичную зону эпиplatformенного орогенеза (на востоке). В нем выделяются (с севера на юг) Аляскинский, Канадский Калифорнийско-Колумбийский, Мексиканский и Централью-Американский поперечные сегменты. Имеются и продольные зоны (с востока на запад, на Аляске с севера на юг): передовых прогибов, эпиplatformенного орогенеза докембрийского или герцинского основания, метаplatformы Колорадо-Вайоминг и срединных массивов — Юконского, Коахуила, миогеосинклинальная зона Кордильер с ларамийской ( $K_2/P$ ) главной складчатостью, эвгеосинклинальная Кордильер с невадийской ( $J_3/K$ ) складчатостью, При тихоокеанская — тыльный прогиб Кордильер с кайнозойскими погружением и складчатостью (Хаин, 1971 г.).

←

8 — эвгеосинклинальные отложения  $MZ_3$ , главным образом К, кластические и вулканические отложения, деформированные позднемезозойской и раннекайнозойской орогеней; 9 — миогеосинклинальные отложения  $D_3-J_1$  на Аляске,  $E-J$  в Канаде, западных штатах США и на северо-западе и востоке Мексики; на севере Центральной Америки, деформированные в конце мезозоя (ларамийский орогенез),  $PZ_3$  на севере Центральной Америки и прилегающих районах Мексики, сильно деформированные позднепалеозойским орогенезом; 10 — граниты и плутонические породы среднего состава ( $Mz_3$ , частично  $Tg_1$ ), синорогенные раннеантильскому орогенезу; 11 — отложения бассейнов полного развития ( $J_3$  и  $K$ ) на Аляске и в Канаде, более молодые, чем среднемезозойский орогенез, деформированные более поздними орогенезами; 12 — наземные вулканические породы (главным образом  $Tg$ , местами включая  $K$ ), различного состава, происхождения и степени деформации, моложе мезозойского орогенеза; 13 — молодые ( $Tg_1$ ) эвгеосинклинальные отложения в береговых районах Орегона и Вашингтона, деформированные в кайнозое; 14 — платобазальты ( $Tg_2$ ) в Вашингтоне и Орегоне; 15 — отложения ( $Tg_3, Q$ ) в отрицательных структурных формах — континентальные (в частности в межгорных прогибах), морские (в береговых районах); 16–18 — платформенные отложения на фундаменте: докембрийском (16), палеозойском (17), мезозойском (18); 19 — Восточно-Тихоокеанское поднятие; 20 — рудопоявления и месторождения: 1 — Поркюпайн (Au, Ag, Cu, W); 2 — Иеллоунайф (Au, W), 3 — Лост-Ривер (Sn, W), 4 — Мур-Крик (Au, Hg, W), 5 — Флэт-Крик (Au, Ag, Hg, Sb, W), 6 — Кэндл-Крик (Au, Hg, W), 7 — Мак-Миллан Пас (W, Cu), 8 — Флэт-Ривер (W, Cu), 9 — Рэд Роуз (W), 10 — Иеллоу Пайн (W, Au, Sb), 11 — Милл Сити (W), Голконда (Mn, W); 14 — район Блэк Хиллс (Sn, W), 15 — Сильвер Дайк (W); 16 — Пайн Крик (W, Mo, Au, Cu), 17 — Серлс Лэйк (W); 18 — Борнана (W, Cu), 19 — Эль-Феномено (Роса де Кастилья) (W); 20 — Клаймакс (Mo, W); Генедерсон, Урад (Mo, W); 21 — Хермосильо (W); 22 — Таламантес (Mn, W, барит); 21 — Боулдер (Au, W); 24 — Сигуанеа (Sn, W); 25 — Айрон Маунтин (Fe, W, Be); 26 — Има Майн (W); 27 — Литл Коттонвуд (W, Mo); 28 — Сильвер Майн (W, Sn, Ag); 29 — Маунт Плезант (Sn, W); 30 — Бернт Хилл (W); 31 — Макуэлисо (Mo, W).

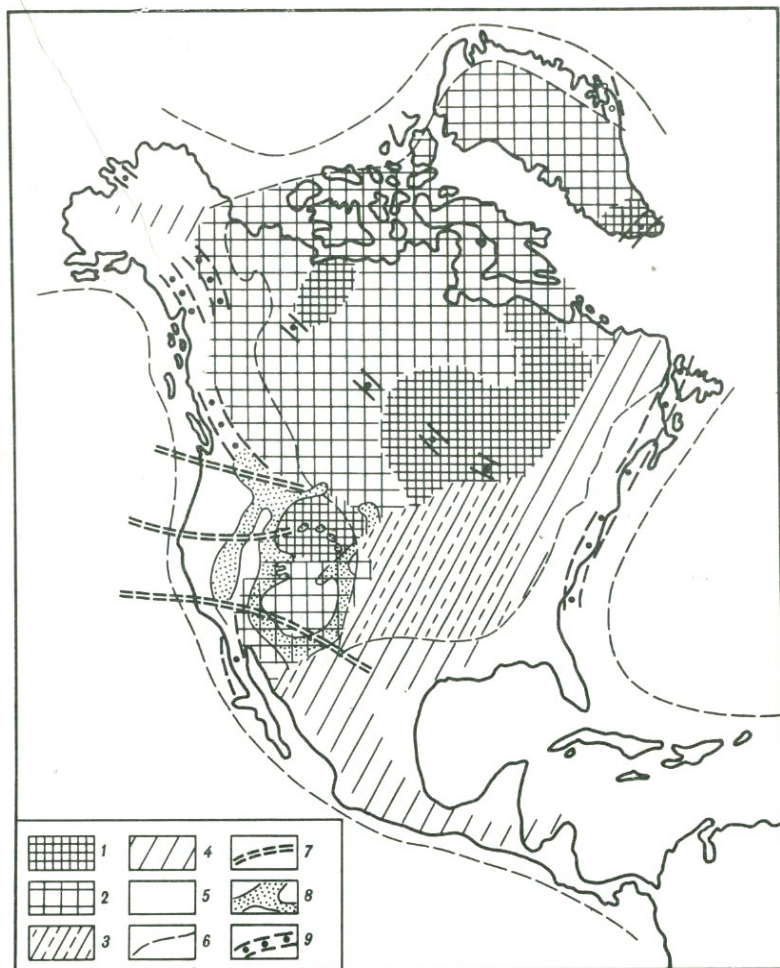


Рис. 3. Размещение вольфраморудных поясов в пределах Северной Америки. С использованием данных К. Конди, В.К. Денисенко и П. Керра

Структуры с возрастом консолидации: 1 — 2,5 млрд. лет и более; 2 — 2,5–1,5 млрд. лет; 3 — 1,5–1,2 млрд. лет; 4 — 1,2–0,7 млрд. лет; 5 — 0,7 млрд. лет и менее; 6 — зоны глубинных разломов, секущие границы континента и океана; 8, 9 — вольфраморудные пояса; 8 — непрерывные, 9 — фрагментарные. Видна приуроченность рудных поясов к границам блоков фундамента разного возраста консолидации

В Аляскинском сегменте месторождения вольфрама находятся в зоне ранних альпид. В Юконском срединном массиве расположено грейзеновое месторождение Лост-Ривер оловянно-вольфрамовой формации, связанное с раннеорогенным плутоном гранитов (MZ). В эписреднезозойском бассейне полного развития, наложенном на бывшую эвгеосинклинальную зону и заполненном осадочными отложениями орогенного этажа (нижняя и верхняя континентальные молассы), местами сильно деформированными

во время более позднего орогенеза, вдоль глубинного разлома северо-восточного простирания в метаморфических породах (PrЄ) и отложениях каледонского геосинклинального комплекса (Є О) расположен ряд мелких вулканогенных (?) W-содержащих месторождений (Q) золото-сурьмяной (Мур-Крик, Флэт-Крик) и золото-ртутной (Кэндл-Крик) формаций.

В Канадском сегменте (штаты Северо-Западная территория и Юкон) в осевой зоне антиклинория в выходах песчано-сланцевой толщи с прослоями известняков и доломитов (Є-О) имеются плутоногенные скарновые месторождения, молибден-вольфрамовой формации Флэт-Ривер, Эмеральд Фини и Доджер (МЗ, абс. возраст 137 млн. лет, соответствует невадийской фазе тектогенеза). Они расположены в эвгеосинклинальной зоне или вдоль ее границы с миогеосинклинальной. Скарновые месторождения медно-вольфрамовой формации Северо-Западной территории размещаются в эвгеосинклинальной зоне Кордильер, в приподнятых блоках герцинского геосинклинального этажа. Скарновые месторождения медно-вольфрамовой формации на Юконе (Макмиллан Пасс, Мактунг и Кантунг) залегают среди терригенных отложений, но в тех структурно-формационных зонах, где развиты эвгеосинклинальные отложения (PZ<sub>1-3</sub>) и плутон-ны монзонитов (абс. возраст 95 млн. лет), соответствуют австрийской фазе тектогенеза, к контактам которых и приурочено оруденение. И те и другие месторождения залегают в каледонском геосинклинальном этаже.

В раннеальпийском геосинклинальном этаже (МЗ) выявлены жильные месторождения (Рэд-Роуз, Рочер Дебуле) медно-вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы, приуроченные к мелким телам диоритов.

В Калифорнийско-Колумбийском сегменте вдоль эвнтрагеоантиклинального поднятия невадид расположен рудный пояс "Западная вольфрамовая дуга" [162]. Он включает плутоногенные шеелитовые месторождения (МЗ) молибден-вольфрамовой формации пегматитовой (Ореана) и, в основном, скарновой (Милл-Сити и др.) групп, ассоциирующие с раннеорогенным многофазным плутоном Сьерра-Невады (от ультрабазитов и габбро до более поздних кварцевых монзонитов, гранодиоритов и гранитов, слагающих главные массивы). Плутоном образовался из магмы базальтоидного происхождения (величина отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  гранитоидов близка к таковой в толентовых базальтах и базальтах океана), прорывает вулканогенную серию (Т и J) на западе и осадочную (Т) — на востоке. Месторождения вольфрама приурочены к его восточной части, сложенной более кислыми гранитами, — более калиевыми и более молодыми. Месторождения молибден-вольфрамовой формации скарновой группы расположены в геосинклинальном этаже.

В резком изгибе невадид к востоку, где породы эвгеосинклинальной зоны как бы перекрывают миогеосинклинальную зону (вдоль границ зон имеется система надвигов). В невадийском плутоне Айдахо, залегающем не в эвгеосинклинальной зоне, как другие, а значительно восточнее, пересекая границу указанных зон, выявлено жильное гюбнеритовое месторождение Нью-Сноубёрд молибден-вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы.

В этом сегменте локализованы и вулканогенные месторождения (N),

связанные с небольшими субвулканическими телами андезитов, базальтов и риолитов, возникшими в условиях орогенной ТМА, шеелитовые (Атолия) сурьмяно-вольфрамовой формации в блоке архейских пород — Иеллоу Пайн, — переходное между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями аргиллизитовой группы, в кислых вулканитах орогенного этажа находится гюбнеритовое месторождение Зака вольфрам-серебряной формации, а неподалеку, в делювии (Q) — гидротермально-осадочные месторождения Голконда, Содавилль и др., представленные первичными шляпами W-содержащих гидроокислов железа и марганца (8 млн. лет), оруденение которых считают отдаленно связанным с плейстоценовыми андезито-базальтами. В молодой рифтовой зоне, к которой приурочена долина р. Оуэнс, находится еще более молодое осадочное месторождение вольфрама — оз. Сёрлс. Вольфрам содержится в его рапе (абс. возраст рапы 24—10 тыс. лет), источник рудного вещества может быть гидротермальным, отдаленно связанным с вулканическим процессом (магмы базальтоидные).

В этом сегменте граница континента Северной Америки и Тихого океана между 107 и 118° восточной долготы пересекается сквозной системой глубинных нарушений. В океане система нарушений выражена Восточно-Тихоокеанским поднятием (океанической рифтовой зоной), на континенте — находящейся на его продолжении и имеющей то же простираение область кайнозойского рифтогенеза ("провинция Долин и Хребтов"). Эта область приурочена к границе зоны ларамийской складчатости Кордильер и древней Северо-Американской платформы и локализована в пределах намеченного И.Н. Томсоном поднятия — свода (рис. 4). Вблизи метаплатформы Колорадо-Вайоминг эта область раздваивается на западную и восточную ветви, протягивающиеся вдоль границ метаплатформы и частично заходящие между двумя ее глыбами — Колорадо, консолидированной свыше 2500 млн. лет, и Вайоминг, консолидированной 2500—1500 млн. лет назад. Глыба Колорадо отчленена от Северо-Американской платформы зоной Прикордильерских периплатформенных впадин Денвер и Рэтон (недоразвитый передовой прогиб) и зоной третичного эпиплатформенного оро- и рифтогенеза (рифт Рио-Гранде), хотя и ранее она развивалась автономно от Северо-Американской платформы (данные Е.Е. Милановского). Западная ветвь налагается на миогеосинклиналиную зону ларамийской складчатости, восточная — на край Северо-Американской платформы.

В этой области рифтогенеза находятся третичные вольфраморудные пояса, называемые американскими геологами "Центральной и Восточной дугами", Западный и Центральный вольфраморудные пояса следуют в субмеридиональном направлении, выходя далеко за пределы сводового поднятия, почти не перекрывая ядра свода. Хотя можно отметить некоторое изменение очертаний границ рудных поясов (особенно пояса с третичным оруденением) относительно элементов внутреннего строения третичного свода, в целом рудные пояса ведут себя независимо от сводового поднятия.

Поскольку эти рудные пояса окаймляют глыбы древнейшей консолидации фундамента Северо-Американской платформы (см. рис. 3), точнее, упомянутой метаплатформы, располагаясь вдоль их тектонически оживлен-

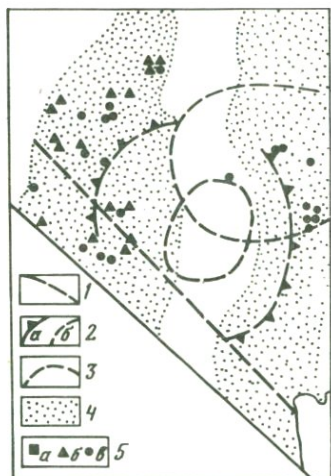


Рис. 4. Размещение месторождений вольфрама относительно кайнозойских орогенных структур в штате Невада. С использованием материалов Томсона и др., 1982 г.; P. Kerr, 1946 г.; E.C. Hsu, P.E. Galli, 1973 г.

1 — зона разлома Уолкер-Лейн; 2 — границы свода (а), ядра свода (б); 3 — предполагаемая центральная часть верхнеэоценовой-нижнеолигоценной концентрической орогенной структуры; 4 — пояса вольфрамовой минерализации: слева — в пределах зоны невадийской складчатости, эвгеосинклинальная зона Кордильер, "Западная вольфрамоворудная дуга", справа — в пределах зоны ларамийской складчатости — "Центральная вольфрамоворудная дуга"; 5 — месторождения: перматитовые молибден-вольфрамовой формации (а), скарновые той же формации (б) с Мо-содержащим шеелитом; жильные той же формации — кварцевые жилы и гидротермально измененные породы (а) с Мо-содержащим шеелитом.

ных границ, мы объединяем их в Циркумвайомингский и Циркумколорадский кольцевые пояса [57]. Контур Циркумколорадского кольца не замкнут — прерывается около поперечного линейного Колорадского рудного пояса (с оруденением того же возраста) и в местах перекрытия лавами (Tr). Оба кольцевых рудных пояса — звенья субмеридионального цепочечно-линейного рудного пояса.

Оруденение в этих поясах иное, чем в фундаменте Северо-Американской платформы, в основном вулcano-плутоногенное, губнеритовое или молибдошеелитовое, а не шеелитовое, как в провинциях Невольничья и Верхнего Озера, и не вольфрамитовое, как в регионах Блэк Хиллс и Сильвер Майн. Оруденение западных (эпиорогенных) отличается от оруденения восточных (эпиплатформенных) секторов. Западная ветвь рифтогенеза включает пояс ("Центральная вольфрамоворудная дуга") губнеритовых и шеелитовых месторождений молибден-вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы — жильных (Има Майн на севере, Бориана южнее и др.) и месторождение Литл Коттоун Вуд, представленное трубчатым телом оруденелой шеелитом брекчи. Жильные месторождения находятся в выступах мелких блоков фундамента, сложенных сериями Белт (PR), прорванных гранитными интрузивами (Tr). Более ранних гранитов здесь нет, поэтому месторождения следовало бы связывать с орогенным этапом ларамийской складчатости, но учитывая их нахождение в мелких блоках, характеризующих резкий тектонический рельеф (с амплитудой порядка 15 км), все же, оруденение формировалось, по-видимому, в условиях, сходных с условиями орогенной ТМА.

В восточном сегменте Циркумколорадского рудного пояса, находящемся на активизированной в третичное время территории платформы, на выклинивании меридионального эпиплатформенного рифта Рио-Гранде, в выступе фундамента с возрастом консолидации 1,5–1,2 млрд. лет на его стыке с блоками фундамента с возрастом консолидации 2,5 млрд. лет и более и 2,1–1,5 млрд. лет находятся штокверковые месторождения

(Клаймакс, Гендерсон) молибден-вольфрамовой формации грейзеновой (?) группы, связанные с эоценовыми малыми интрузиями риолитов и гранит-порфиров ("молибден-порфировой формации" по терминологии американских геологов). Они расположены в месте пересечения упомянутого рифта, линейамента 40°-ной широты, выраженного ступенью в поверхности мантии (данные Я. Кутины, 1982 г.), глубинного разлома, контролирующего малые интрузии и разнообразные месторождения линейного рудного пояса Колорадо, а также глубинного разлома северо-западного простирания, трассируемого поясом месторождений "медно-порфировой формации". Вольфрамсодержащие месторождения приурочены к юго-восточному флангу последнего из названных рудных поясов, который находится не в геосинклинально-складчатой системе Кордильер, как остальная часть пояса, а в эпиплатформенном прогибе, подвергшемся орогенной ТМА, хотя сами месторождения – в выступе пород докембрийского фундамента.

В той же рифтовой зоне в кислых эффузивах орогенного этажа, перекрывающего чехол платформы, расположено жильное вольфрамовое (гюбнеритовое) месторождение Сан-Хуан серицит-кварцевой (?) группы формаций. В карбонатных отложениях чехла платформы расположено скарново-грейзеновое месторождение Айрон–Маунтин молибден-вольфрамовой формации.

В той же зоне эпиплатформенного орогенеза ряд важных месторождений сосредоточен в линейном Колорадском рудном поясе, прослеженном на 300 км вдоль глубинного разлома, пересекающего зону сочленения Северо-Американской платформы и Колорадской глыбы метаплатформы Колорадо-Вайоминг и внедряющегося в упомянутую глыбу. Здесь, как и в восточных секторах Циркумколорадского и Циркумвайомингского рудных поясов, оруденение сформировано в условиях третичной ТМА. Строение рудного пояса зональное. Там, где пояс сопрягается с Циркумколорадским, размещаются уже упомянутые месторождения Клаймакс и Гендерсон. В самой восточной части зоны активизации в периплатформенной впадине Денвер в выступе фундамента на пересечении разнонаправленных разломов, локализованы 50 вулканогенных месторождений золото-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, связанных с нижнеэоценовым магматическим комплексом, представленным дайками монзонит-порфиров, реже кварцевых фельзитов, лимбургитов и др. Они образуют непротяженный (15 км) рудный пояс, находящийся на продолжении трансформного глубинного разлома, пересекающего переходную зону континент–океан. Этот рудный пояс ориентирован под углом к Колорадскому порфировому поясу; при переходе разлома, контролирующего линейный Колорадский рудный пояс, из зоны рифтогенеза на платформу он как бы преломляется. На продолжении Колорадского рудного пояса к северо-востоку, в уже упоминавшемся (см. с. 9) рудном районе Блэк Хиллс в отложениях  $\epsilon$  чехла платформы, вблизи базального конгломерата выявлено вольфрамитовое месторождение Ледвуд, переходное между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями аргиллизитовой (?) группы.

Кайнозойское вольфрамовое оруденение территории США обнаруживает зональность относительно метаплатформы Колорадо–Вайоминг (но

Таблица 2

Положение вольфрамового оруденения западных штатов США в схеме периодизации мезокайнозойской тектонической истории

Эры	Периоды (возрасты — в млн. лет)	Эпохи тектономагматической активности	Характер тектонических движений	Магматические ассоциации		Примеры месторождений	Группы формаций	
				Интрузивные	Эффузивные			
Кайнозойская	1,5 ± 0,5 (Q <sub>1</sub> )	Кавказская	Постларамиды	Деструкция земной коры. Контрастные блоковые перемещения (17–11 млн. лет)	Вулкано-плутоническая непрерывной серии	Вулканическая оливиновых и базальтов	Голконда, Таламантес	W-содержащих гидрокислов Mn и Fe
	9 ± 3 (N <sub>2</sub> )	Аттическая				Извержения громадных объем кислой пирокластики	Боулдер (Ag–Au–W) Зака (Ag–W) Атолия (Sb–W)	
	25 ± 2 (N <sub>1</sub> )	Дунайская	Ларамиды	Завершение складчатости, надвигания континента на Восточно-Тихоокеанское поднятие, ослабление темпа поднятия	Игнимбриды, подчиненные эффузивы среднего состава	Слабо дифференцированные высококалиевые андезиты и липариты	Месторождения района Сан-Хуан (W) Литтл Коттовуд (24–31 млн. лет) (Mo–W) Клаймакс, Генденсон (Mo–W)	Кварц-кальцитовая
	37 ± 2 (P <sub>3</sub> )							
	58 ± 4 (P <sub>2</sub> )	Пиренейская						
Мезозойская	60 ± 3 (P <sub>1</sub> )	Ларамийская	Складчатость					
	95 (K <sub>2</sub> )	Австрийская	Невадилы	Геодинамическая обстановка невадийского типа	Плутоническая монцит-гранитная (?)	Плутоническая гранодиорит-гранитовая	Кантунг, Мактунг (90 млн. лет) (Cu–W) Милл Сити, Пайн Крик, Тангстен Хиллс и др. (Mo–W)	Скарновная
	137 ± 5 (K <sub>1</sub> )	Навадийская						
	(J <sub>3</sub> ) (J <sub>2</sub> ) (J <sub>1</sub> )							
195 ± 5	Раннекемерийская							

Примечание: Темп восходящих движений нарастал во времени

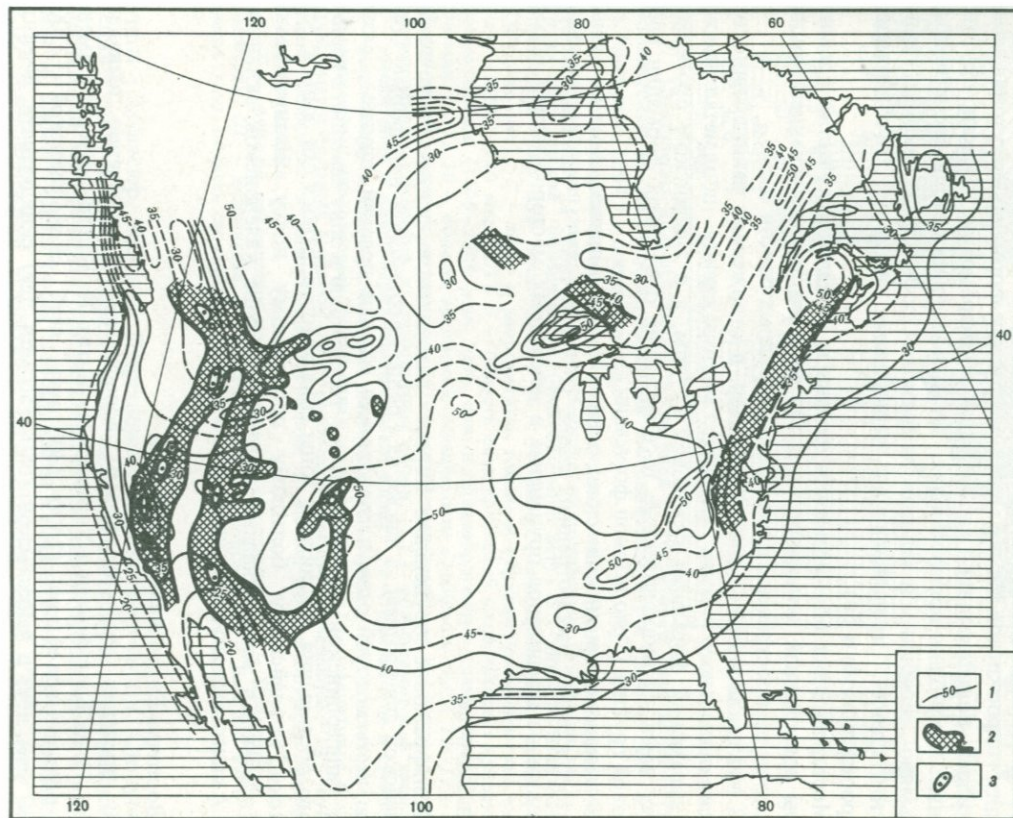


Рис. 5. Положение вольфраморудных поясов и районов территории США по отношению к участкам земной коры разной мощности. Составлена с учетом материалов [19, 163] и др.

1 — изогипсы поверхности Мох; 2 — вольфраморудные пояса; 3 — месторождения

не относительно прогиба Калифорнийского залива, как это следует из гипотезы тектоники плит!). Формирование месторождений началось 34 млн. лет назад, значительно позже прекращения гипотетического надвигания Северо-Американского континента на Восточно-Тихоокеанское поднятие (40 млн. лет тому назад), продолжалось до 17 млн. лет назад и распространялось во времени в стороны от упомянутой метаплатформы. Табл. 2 иллюстрирует различия геодинамической обстановки формирования (и возраста) оруденения месторождений вольфрама различной формационной принадлежности. Последняя графа показывает, что месторождения, расположенные в западных штатах США, представляют возрастной ряд, в котором закономерно сменяются во времени как ассоциации (плутоническая-вулканоплутоническая-вулканическая), так и группы рудных формаций (скарновая-кварц-калцишпатовая-аргиллизитовая-W-содержащих гидроокислов Mn и Fe), и сами рудные формации (плутоногенные: молибден-вольфрамовая, затем медно-вольфрамовая; вулканоплутоногенные: молибден-вольфрамовая, затем вольфрамовая; вулканогенные: сурьмяно-, серебряно- и золотовольфрамовая формации и, наконец, группа месторождений, представленная первичными шляпами W-содержащих гидроокислов Mn и Fe).

Месторождения вольфрама приурочены к локальным участкам земной коры повышенной мощности (рис. 5), хотя участки повышенной мощности коры распространены и вне пределов рудных поясов.

В Мексиканском сегменте Кордильер, в отложениях раннеальпийского геосинклинального этажа развиты месторождения полиметаллически-вольфрамовой формации скарновой группы, а в альпийском орогенном этаже имеются вулканогенные W-содержащие оловянной формации грейзеновой группы ("риолитовой формации").

В каледоно-герцинской складчатой области Аппалач, помимо типов месторождений, рассмотренных ранее [57] и в табл. 1, установлено промышленное шеелитовое оруденение в некоторых месторождениях талька.

## II. ЕВРОПА

Вольфрамовое оруденение Европы находится на щитах Восточно-Европейской платформы, а также на Средне-Европейской платформе, большую часть которой одни исследователи считают древней, другие — молодой (эпигерцинской) и включают эту территорию в зону северного герцинского обрамления альпийской зоны складчатости, относю обе зоны к Альпийско-Гималайскому большому подвижному поясу. Незначительная вольфрамовая минерализация имеется и в зоне каледонской складчатости Атлантического подвижного пояса (рис. 6, вкл.)

### Восточно-Европейская платформа

В пределах этой платформы вольфрамовое оруденение выявлено (рис. 7) на Балтийском и Украинском щитах. На Балтийском щите имеются области архейской (2600–2300 млн. лет), свекофеннской (2300–1800 млн. лет) и байкальской (650–550 млн. лет) складчатости. Шеелитовые месторождения молибден-вольфрамовой формации скарноидной

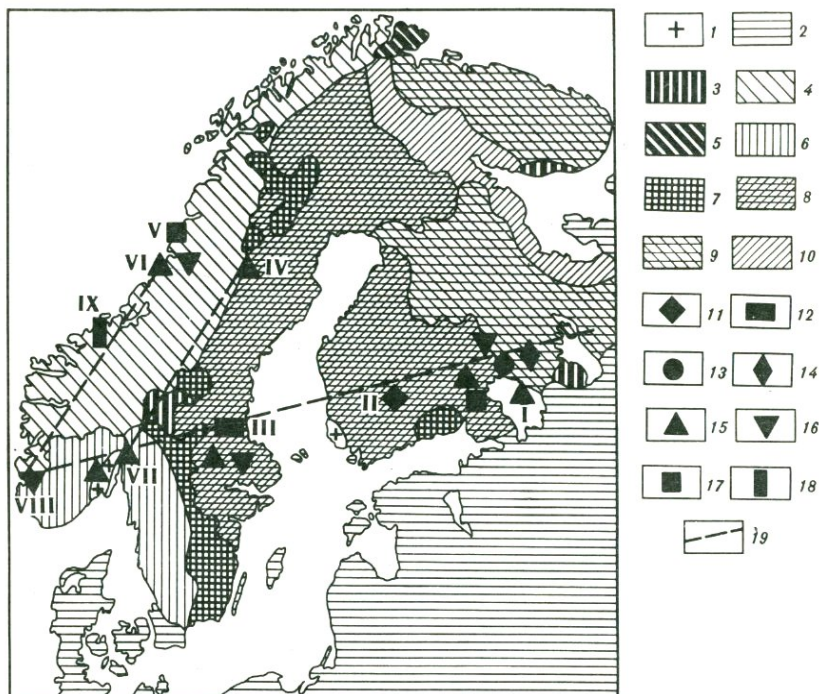


Рис. 7. Проявления вольфрамового оруденения на территории Балтийского щита. Тектоническая основа по Международной тектонической карте Европы 1964 г., по В.И. Иващенко, 1984 г. с дополнениями.

1 – магматическая провинция Осло (250 млн. лет); 2 – чехол фанерозойской платформы (570 млн. лет); 3 – чехол Иотгнийской платформы (1300 млн. лет); 4 – область каледонской складчатости (400–600 млн. лет); 5 – область байкальской складчатости (550–650 млн. лет); 6 – район свекофеннской регенерации (1000 млн. лет); 7 – пост- и анорогенные, главным образом магматические комплексы (1500–1700 млн. лет); 8 – область свекофеннской складчатости: супракrustальные толщи (1800–2300 млн. лет), син- и позднеорогенные гранитоиды (1650–2600 млн. лет); 10 – область архейской складчатости (2600 млн. лет); 11–17 – проявления вольфрамового оруденения: 11 – медно-вольфрамовое шеелитовое в зонах брекчирования вулканитов и карбонатных пород, 12 – вольфрамитовое жильное; 13 – шеелитовое в кварц-барит-флюоритовых жилах, 14 – шеелитовое в грейзенах, 15 – шеелитовое в апомагнезиальных известковых скарнах, 16 – шеелитовое в инфильтрационных известковых эндоскарнах и скарноидах; 17 – шеелитовое в измененных магнезиальных скарнах; 18 – шеелитосодержащее колчеданное; 19 – субширотный линеймент и опирающие глубинные разломы, контролирующие размещение месторождений.

I–IV – районы проявления вольфрамового оруденения: I – Приладожье, II – Ялуджарви, III – Бергслаген, IV – Сторуман, V – Мосьен, VI – Биндал, VII – провинция Осло, область свекофеннской регенерации, VIII – без названия, IX – Болиден

группы (Латвасюр, Яккима, Приладожье; района Бергслаген, Сторуман, Швеция и др.), частью промышленные, находятся в области свекофеннской складчатости на юге щита, где располагаются вдоль субширотного линеймента и вдоль границ зоны каледонской складчатости. Они связаны с позднесвекофенскими гранитами (абс. возраст 1800–1785 млн. лет), залегают в лептитях (абс. возраст 2850 млн. лет). Руды сформированы

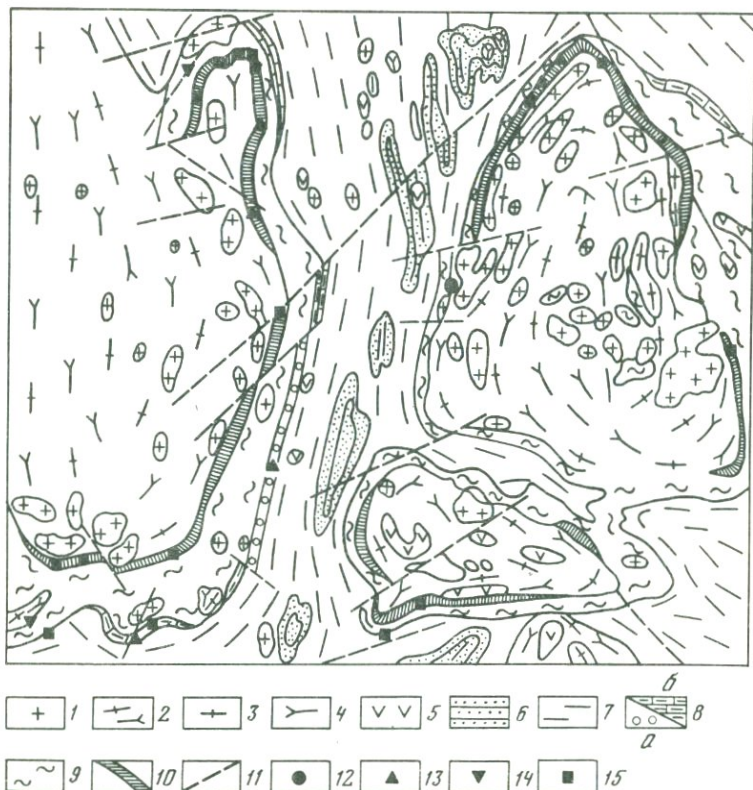


Рис. 9. Схема геологического строения Иокирантско-Латваскюрского района скарно-вошеелитовых проявлений Приладожья, по В.И. Иващенко, 1984 г.

1-3 - гранитоиды: 1 - позднеорогенные, 2 - синорогенные, 3 - раннеорогенные; 4 - габбродиориты, кварцевые диориты; 5 - диабазы, габбродиабазы, габбро-амфиболиты; 6, 7 - ладожская серия: 6 - кварциты, кварцитопесчаники, 7 - кварц-биотитовые сланцы, гнейсосланцы и мигматиты по ним; 8-10 - питкяррантская свита: 8а - апоскарновые кварцевые метасоматиты верхнего карбонатного горизонта, 8б - преобразованные магнезиальные, участками апомагнезиальные известковые скарны (верхний карбонатный горизонт), 9 - амфиболиты, амфиболовые, биотитовые и графитистые сланцы с прослоями скарнированных карбонатных пород, аполомосиликатных скарнов и скарноидов, 10 - апомагнезиальные известковые и измененные магнезиальные скарны (нижний карбонатный горизонт); 11 - тектонические нарушения; 12-15 - рудопроявления вольфрама; 12 - в кварц-барит-флюоритовых жилах; 13 - в апомагнезиальных известковых скарнах; 14 - в известковых инфильтрационных эндоскарнах и скарноидах; 15 - в измененных магнезиальных скарнах

в результате контактового и регионального метаморфизма амфиболитовой (рис. 8, вкл.) фации, изредка амфиболиты расположены среди пород гранулитовой фации (в месторождениях Орсдалена, данные Урбанна).

Оруденение несут обычно апомагнезиальные известковые скарны. К стыку Русской плиты и областей свекофеннской и карельской складчатости приурочен рудный район Приладожья (рис. 7-9), он расположен в авлакогене, возникшем позже оруденения (абс. возраст 2000 млн. лет), но, по-видимому, унаследовавшем направление древнего нарушения и преседав-

Подвижные пояса фундамента Восточно-Европейской платформы							
Балтийский щит	Офиолитовый (субмаринных вулканитов)	Плутоническая. Гранитный Позднесвекофенский. Граниты, жильные породы, основные (1800 млн. лет)	Лептиты с прослоями известняков (2850 млн. лет), фундамент	Переходная между медно- и молибден-вольфрамовой. Скарновая	Залежи скарнов контактовые	Гд, Гр, Амф, Эп; Иксьо (Швеция) Кпш, Би, Ш, Кв, Фл, Пр, П, Хп	
То же	То же	Плутоническая. Гранитоидный qd (1900–1850 млн. лет)	Сланцы, туфы, лавы – основные, средние и кислые (2500–1900 млн. лет) фундамент	Медно-вольфрамовая, кварц-турмалин-хлоритовая (?)	Линзовидные тела брекчии	Кв, Ту, Ап, П, Хп, Пр, Мг, Ш, Би, Хл, Пшп	Ялоджарви (Финляндия)
То же авлакоген	То же	Плутоническая. Гранитный. Граниты–рапакви (1670–1620 млн. лет)	Мраморы, амфиболиты фундамент	Молибден-вольфрамовая скарновая	Залежи скарнов послойные	Пк, Гр, Ш, Сд	Латвасюр (СССР, Приладожье)
Подвижные пояса складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы							
Каледонский пояс							
Выступ фундамента (Pt ∈)	То же	Граниты ультраметаморфогенные	Амфиболиты, известняки. Фундамент	Вольфрамовая скарноидная	Залежи скарнов известковых и магнезиальных	Ди, Гр, Форс, Ш, Сд	Биндал и др. (Швеция)

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
Альпийский пояс. Зона герцинской складчатости							
Иберийский массив	Терригенный	Плутоническая. Гранитный. Двуслюдяные $\gamma$ (289–293 млн. лет)	Аспидные сланцы ( $\epsilon$ ), $\gamma$ (P–T) Метаосадочные породы ( $S_1$ и $2$ )	Оловянно-вольфрамовая, грейзеновая Вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца Жилы кварца	Кв, К, Вт, Ап, Сф Кв, Вт, Ш; Ш, Хп, Сф, Гл, Ап, Мо	Панашкейра (Португалия) Борралья, Сидейра (Португалия)
	То же	Плутоническая. Гранитный	Углистые сланцы ( $O_{1-2}$ )	Вольфрамовая кварц-турмалин-серицитовая группы	Жилы, штокверк прожилков (Кв)	Кв, Пш, Ту, Сл, Ш, Вт, П, Сд	Лагоаса (Португалия)
	То же		Отложения PR $\epsilon$ и PZ с горизонтами вулканитов (рубеж O и S)	Вольфрамовая Скарновая	Известково-силикатные породы с шеелитом жилы (Кв)	Кв, немного Пш, Ту, Сл, Ш, Вт, П, Сд	Без названия (на северо-западе Испании)
		Плутоническая. Гранитный	Кристаллические сланцы, кварциты, граувакки (O)	Вольфрамовая скарновая (?)	Залежи скарнов послонные	Гр, Ди, Амф, Ку, Вт, Ш; Сд, Кв, Вт	Ковас (Португалия)
		Плутоническая. Гранитный	Граниты, андалузитовые сланцы	Вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Вт	Логарес-де-Эстаньо
Массив Корнуэлл	Терригенный	Плутоническая. Гранитный, $\gamma$ , $\alpha$ (290–250 млн. лет)	Песчаники, сланцы, конгломераты с прослоями пирокластов основных пород ( $\epsilon$ –D)	Оловянно-вольфрамовая. Пегматитовая и грейзеновая	Жилы пегматитов	Кв, Орт, Ту, Би, Вт	Без названия (Англия)
					Жилы кварца	Кв, Вт, Фл, К, Ап, Хп	Клигга Хэд, Кастл ан Динас (Англия)
Армориканский массив	То же	Плутоническая. Гранитный (?). Двуслюдяные (моложе P–C)	Геосинклинальный	Оловянно-вольфрамовая кварц турмалин-хлоритовая	Минерализованные зоны	Кв, Ту, Хл, К, Вт, Хп	Саус Крофти, Хемердон (Англия)
			Жильные $q - \pi$	Вольфрамовая серицит-кварцевая	Жила в зоне дробления	Кв, Ту, П, Сф, К, Вт, Хп	Уил Джейн (Англия)
Центрально-Французский массив	То же частично субэразальных вулканитов (риолитовый)	Плутоническая. Лейкокатовых двуслюдяных гранитов $\gamma$ , $\gamma - \pi$	Граниты двух интрузивных комплексов	Оловянно-вольфрамовая. Грейзеновая W-содержащая оловянно-литиевая грейзеновая и пегматитовая	Жилы кварца Жилы пегматита Жилы кварца	Кв, Му, иногда Аб, Апт. Немного станнина, Ап, П, Сф, Мо Вт, К, станнин, Ви Кв, Орт, амблигонит, монтебразит Кв, К, Вт	Монтбеллэ Ла Вилледер, Сан-Ренан (Франция) Вольри, Сан-Леонард (Франция) Монтебразит (Франция)
		Плутоническая. Гранитный. Гранулитовые гнейсы (PZ <sub>3</sub> )	Двуслюдяные, серицитовые, углистые сланцы и известняки (PZ)	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Вт, Ш, Бс, Ап, Хп, Сф, Вис	Монтредон-Лабессонье (Франция)
		Плутоническая. Гранитный, граниты двуслюдяные, кварц-альбит-лепидолитовые ("апограниты")	Кристаллические сланцы, аплитовидные граниты ("апограниты")	Вольфрамовая аплит-пегматитовая Вольфрамовая грейзеновая	Жилы аплита Жилы кварца	Кв, Вт, породообразующие минералы Кв, Гб, К	Монтмин (Франция) Тот же регион
		Плутоническая. Гранитный (PZ <sub>3</sub> )	Слюдяные сланцы, гнейсы, граниты	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы, зоны прожилково-вкрапленных	Кв, Вт, Ап (?), К, П, иногда Ш,	Вольри, Пюи-ле-Винь, Тесьер ле Були, Конфлан,

Таблица 3 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
					руд	Мо, минералы, Вi	Манделесс (Франция)
		Плутоническая. Гранитный (401 ± 23) млн. лет)	Слюдяные сланцы	Оловянно-вольфрамовая. Кварц-турмалин-хлоритовая	Жилы кварца	Кв, Ту, Ап, Ап, П, Ш, Хл, Му'	Ангьялес (Франция)
Антиклинорий на границе Чешского массива	Субаэральных вулканитов (дацит-риолитовый)	Вулкано-плутоническая. Гранитный Рудногорский. Li-F граниты (P)	Граниты, аплиты. Орогенный	Литий-вольфрам-оловянная грейзеновая	Жилы кварца, зоны грейзенов	Кв, Т, Li-слюды, К, Вт	Циновец (ЧССР, ГДР)
	Терригенный, переход к офиолитовому типу (субмаринных вулканитов)	Плутоническая. Гранитный Горский γ (C <sub>3</sub> )	Сланцы (P) геосинклинальный	Молибден-вольфрамовая	Жилы кварца, зоны грейзенов	Кв, К, Вт, Ап	Эренфридерсдорф, Гейер (ГДР)
			Биотитовые граниты (C <sub>3</sub> ) Геосинклинальный Герцинский		Жилы кварца	Кв, Вт, Мо, П, К, Т, Ш, Сд, Кб	Пехтельсгрун (ГДР)
			Зона альпийской складчатости				
Интрагеоантисклираль	Терригенный, переход к офиолитовому типу (субмаринных вулканитов) (диабазовый)	Вулканическая. Диабазовый. d b	Графитистые сланцы, известняки, геосинклинальный	Молибден-вольфрамовая, сурьмяно-вольфрамовая	Стратиформные залежи вкрапленных руд	Ш, тунгстенит, Сд	Тукс, Кляйнарльтал, Фельберталь (Швейцария)
					Жилы кварца	Кв, Ш, Сд, Ме з	
Граница Паннонского среднего массива	Терригенный, переход к порфировому (субаэральных вулканитов, риолит-андезитовый)	Вулкано-плутоническая. Андезитовый, and, dz	Песчаники, сланцы геосинклинальный	W-носная полиметаллическая Пропилитовая	Жилы кварца, системы жил	Кв, Вт, Хп, Сф, Гл; минералы Au, Ag	Бая Сприе (СРР)
	Карбонатный	Вулкано-плутонический гранитный	Известняки	Молибден-вольфрамовая скарновая и грейзеновая	Залежи скарнов	Пк, Мош, Ш	Без названий (СФРЮ)
Приподнятые блоки	Терригенный	То же	Граниты, сланцы		Жилы кварца	Кв, Му, Вт, Мо	Без названий (СФРЮ)
			Анатолийский сегмент				
Антиклинорий	Терригенный, переход к офиолитовому типу (субмаринных вулканитов)	Плутоническая, гранодиорит-гранитный γ - d, γ, s (PZ <sub>3</sub> )	Известняки, амфиболиты и сланцы (PZ <sub>1</sub> , местами PZ <sub>3</sub> )	Вольфрамовая, скарновая	Залежи скарнов	Ди, Гд, Гр, Фл, Ш	Улудаг, Телекюй, Кебан (Турция)
					Жилы (Кв)	Кв, Ш, П, Фл	
					Зона брекчирования	Кв, Вт, Кц, Пш	
Анатолийский массив	Терригенный	Вулканическая, лавы и туфы (N?)	Филлиты, мраморы	Совмещение сурьмяно-вольфрамовой и сурьмяно-ртутной. Аргиллизитовые	Жилы. Кальцит-кварцевая в зоне разлома	Кв, Ам, Ш, Кр, Б	Гюмюслер (Турция)
			Кавказский сегмент				
Антиклинорий, борг грабен-синклинали, зона поперечного нарушения	Переход между терригенным и офиолитовым (субмаринных вулканитов)	Плутоническая, гранитный. Двуслюдяные γ, жильные ру, α, γ-π (PZ <sub>3</sub> )	Кристаллические сланцы (PRε-PZ <sub>1</sub> ), фундамент альпийской складчатой системы	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая (?) и серицит-кварцевая	Жила кварца	Кв, Ап, Ш, Вт, Сд (Гл и др.)	Кти-Теберда (Кавказ)

шего, по данным Е.Е. Милановского, в рифе, юре и мелу. Месторождения находятся на пересечениях глубинных разломов, ограничивающих древнюю подвижную зону — "межу" — и авлакоген, и между ними. Рудносные скарны приурочены к определенным горизонтам метаморфических пород в обрамлении гранито-гнейсовых куполов (данные Р.А. Хазова, В.И. Иващенко, Г.В. Макаровой и др.).

В области другого авлакогена размещается месторождение Иксю (Швеция) — в толще лептитов с прослоями известняка, интродуцированной ранне-свекофенскими гранитами, сопровождаемыми мигматизацией, пегматизацией, региональным сканированием известняков. Шеелитовое оруденение связано с позднесвекофенскими гранитами (табл. 3).

В провинции Бергслеген (Центральная Швеция) месторождения Иксшеберг и Бигстром образовались также в толще лептитов по прослоям кальцитовых и доломитовых мраморов. Вольфрамовое оруденение находится в апомагнезиальных известковых скарнах, связанных с позднеорогенными гранитоидами, а магнезиальные скарны — с более ранней региональной гранитизацией.

Месторождение Сторуман находится в зоне глубинного шва, разобщающего области свекофенской складчатости щита и каледонской складчатости Атлантического подвижного пояса в апомагнезиальных известковых скарнах.

Иного типа месторождения образовались во время ТМА щита 1900—1850 млн. лет назад. Месторождение Илоярви (Финляндия) — медно-вольфрамовой формации, переходное к медно-золото-серебряной А.Д. Шеглов отнес к кварц-турмалин-хлоритовой группе формаций. Здесь, в экзоконтакте плутона кварцевых диоритов (абс. возраст 2500—1900 млн. лет) в сланцах и порфиритах среднего и основного состава, их туфах, а также туфах пород кислого состава залегает оруденелая зона брекчии.

В колчеданном месторождении Болиден (Швеция) шеелит встречается в массивных пирротиновых рудах, нередко также в кварц-турмалиновых жилах.

На Украинском щите, где в отличие от Балтийского промышленного оруденения нет, в ряде регионов имеется незначительная в основном жильная минерализация вольфрамовой формации. В Суццано-Пержанской зоне глубинного разлома, представленного бластомилонитами и бластокатаклизитами (данные В.И. Казанского и К.В. Прохорова), в калишпатитовых метасоматитах и развившихся по ним слюдяно-кварцевых грейзенах выявлена вольфрамовая минерализация минералогического значения (данные Г.С. Галецкого).

### Атлантический подвижный пояс

В этом подвижном поясе в каледонской складчатой системе, граничащей с Балтийским щитом, имеются незначительные месторождения молибден-вольфрамовой формации скарноидной группы (Мосьён, Биндал), сходные с таковыми зоны свекофеннид Балтийского щита. Месторождение Мосьён находится в зоне регионального метаморфизма амфиболитовой фации в экзоконтакте позднеорогенных гранитоидов. Оруденение вме-

шают измененные магнезиальные скарны, связанные с гранитами или с каледонским массивом габбро.

В районе Биндал оруденение приурочено к стратиформным залежам апомагнезиальных известковых скарнов в ореолах мигматизации вулканогенно-осадочных пород. Рудные тела образовались по прослоям W-содержащих биотит-роговообманковых гнейсов на их контакте с мраморами, при внедрении в позднюю стадию регионального метаморфизма секущих эту толщу гранитов.

### **Альпийско-Гималайский подвижный пояс**

#### *Зона герцинской (?) консолидации*

К этой зоне относят обычно эпигерцинскую (?) платформу Западной Европы, расположенную между Скандинавией и зоной альпид, а также Скифско-Туранскую эпигерцинскую платформу, находящуюся между Русской плитой Восточно-Европейской платформы и альпийской складчатой зоной Кавказа.

*Западно-Европейская платформа* по А.Д. Щеглову [87], считают эпигерцинской платформой, а массивы, в которых размещены месторождения вольфрама, — срединными, активизированными в позднегерцинское время — время замыкания окружающей их герцинской геосинклинали. В.Е. Хаин (1971 г.) считает массивы более молодыми тектонически-эрозионными выступами основания эпигерцинской платформы, а герцинские гранитные плутоны и связанные с ними месторождения — сформировавшиеся в орогенный этап развития герцинид, раньше образования молодой платформы. М.В. Муратов (1983 г.) полагает, что массивы Иберийский, Арморикан, Центрально-Французский, выходы древних пород в Монтань Нуар и Пиренеях являются выступами блоков фундамента древней Средне-Европейской платформы, а породы палеозоя, перекрывающие складчатый и метаморфизованный фундамент, относит к чехлу. Герцинская складчатость чехла связана в основном с блоковыми деформациями фундамента, герцинские граниты образовались в условиях ТМА, лишь массив Корнуэлл — собственно герцинская складчатая зона.

Иберийский, Центрально-Французский, Армориканский и Корнуэллский массивы — это терригенные (сланцевые) рудные провинции. В них распространены плутоны герцинских биотитовых и двуслюдяных гранитов и связанные с ними месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой и кварц-турмалин-хлоритовой, изредка — кварц-серицитовая групп.

В Иберийском массиве фундамент сложен гнейсами, кристаллическими и аспидными сланцами (PгС), которые по периферии массива перекрыты осадочными толщами (S и D). Преобладают кристаллические сланцы, глинисто-песчанистые и граувакковые отложения и граниты. Ориентировка герцинской цепи — СЗ-ЮВ. Многочисленны многофазные плутоны биотитовых гранитов, вскрытые эрозией в пределах поперечной к складчатым структурам дугообразной, выгнутой на ЮЗ полосы (рис. 10). Самым поздним фазам соответствуют олово- и вольфрамоносные двуслюдяные граниты и гранит-порфиры (Т/Р).

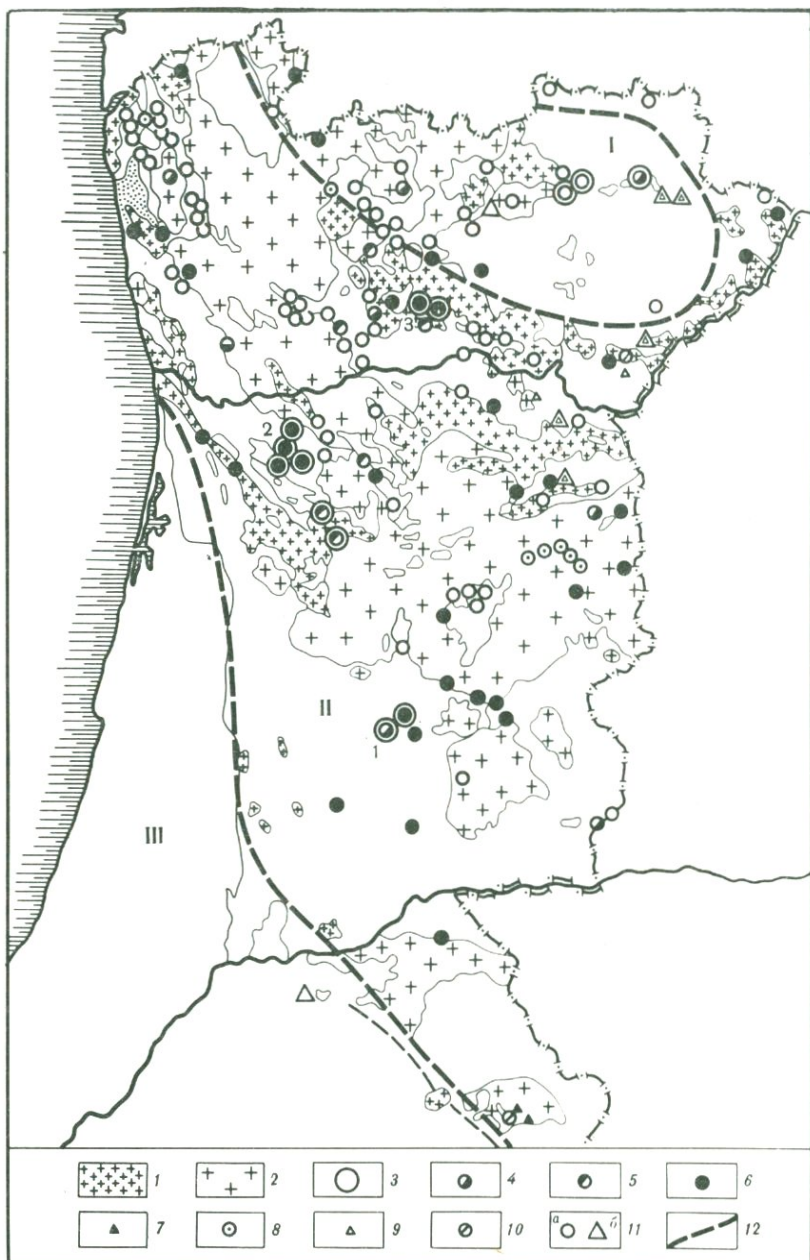


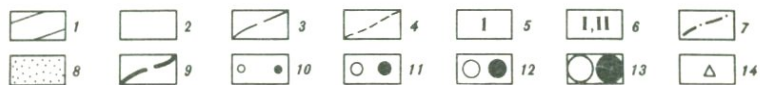
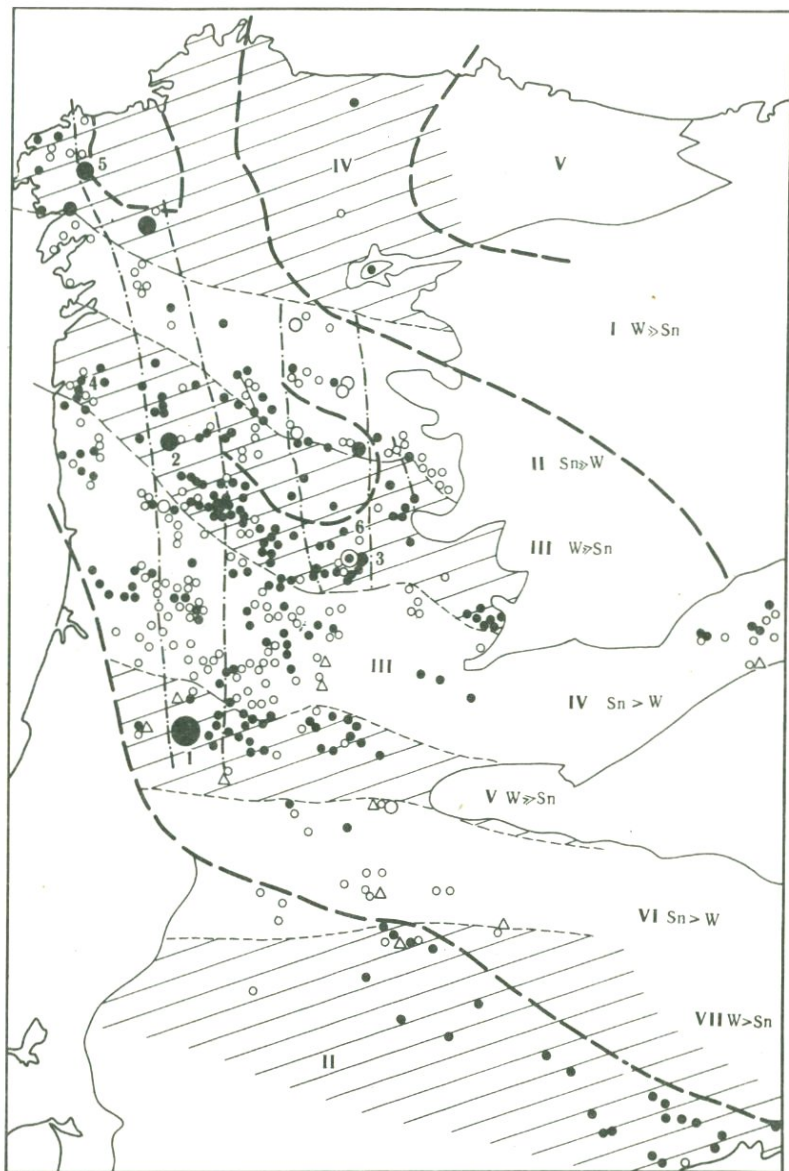
Рис. 10. Размещение месторождений оловянно-вольфрамовой формации в Иберийской Месете, по Котелу Нейва, с изменениями. Врезка А к рис. 6.

Герцинские гранитоидные породы: 1 – гранитоиды посттектонические, 2 – гранитоиды син- и посттектонические. Месторождения: 3 – касситеритовые, 4 – касситерит-вольфрамитовые, 5 – вольфрамит-касситеритовые, 6 – вольфрамитовые, 7 – вольфрамит-касситерит-шеелитовые, 8 – вольфрамит-шеелитовые, 9 – шеелитовые, 10 – шеелит-касситеритовые, 11 – более крупные месторождения, 12 – границы зон. Зоны: I – Трас-ос-Монтес, II – Центрально-Иберийская, III – Осса-Морена

Вольфрамовое оруденение встречается в структурно-формационных зонах: 1) Астурийско-Девонской, отличающейся распространением сланцево-песчаниковых толщ и порфиroidов PrE; 2) Среднегалицийской-Трансмонтаньской, сложенной отложениями PR, E и S; 3) Центрально-Иберийской, самой важной, где имеется мощная флишoidная толща, включающая две серии: нижнюю (PR<sub>3</sub>) кристаллических сланцев – граувакк (в центре и на юге страны) и верхнюю (E), включающую конгломераты, кислые вулканиты и известняки (на севере). Имеются отложения O, S, D<sub>1</sub>, смятые в бретонскую фазу складчатости, прорванные бретонскими гранитами (абс. возраст 360 млн. лет). Во внутривестфальскую фазу, возможно астурийскую, в Центрально-Иберийскую и Среднегалицийскую-Трансмонтаньскую зоны внедрились син- и посттектонические двуслюдяные граниты (абс. возраст 298 ± 10 млн. лет), преобладающие среди магматических пород. Плутоны древних гранитов расположены в трех полосах, параллельных герцинской цепи. Затем накопились континентальные угленосные формации. В Уральскую фазу в Среднегалицийской-Трансмонтаньской и Центрально-Иберийской зонах внедрились "посттектонические" граниты (абс. возраст 280 ± 10 млн. лет), дискордантные к герцинским структурам.

Оловянно-вольфрамовая минерализация распространяется поперек герцинских тектонических зон и связана, в основном, с герцинскими гранитами астурийской или постсреднестефанской фазы, контролируемые складчатыми структурами. На востоке Трансмонтаньской зоны месторождения расположены вдоль антиклинали, соответствующей вестфальской фазе, интродуцированной древними гранитами. Наиболее распространены и важны месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (Панашкейра, Борралья, Матта-да-Райны, Монтес-де-Галисия, Санта-Комба, Ла-Импенсада и др.), в основном жильные. Встречаются единичные месторождения скарновой и пегматитовой группы, штокверки грейзенов. Более крупные месторождения Панашкейра и Борралья окружены сотнями мелких. В эндоконтактах гранитных плутонов распространены, по данным Котелу Нейва, оловорудные месторождения, на контактах – оловянно-вольфрамовые, в экзоконтакте существенно вольфрамовые, а в удалении от контакта – только вольфрамовые. Зону оловянно-вольфрамовой минерализации маркирует наличие марматита и арсенопирита. Самое крупное месторождение Панашкейра залегает в фундаменте (PrE) древней (по М.В. Муратову) или в древнейшем складчатом комплексе эпигерцинской платформы. Возраст оруденения (289–293 млн. лет).

На северо-западе Иберии, в регионе, где отложения PrE и PZ содержат горизонты вулканитов, соответствующие рубежу S/O, и где интенсивен метаморфизм, вызванный бретонской фазой орогенеза, развиты небольшие скарновые месторождения шеелита. Штокверковое месторождение Лагоаса грейзеновой группы формаций расположено в углистых сланцах O<sub>1-2</sub>, вблизи гранитов. Оруденелая зона, вмещающая шеелитоносные жилы и штокверк более поздних прожилков, параллельна региональной сланцеватости и залегает в крыле синклинали. Размещение месторождений зональное (рис. 11), контролируется эволюцией магматизма и герцинскими структурами. В Португалии на юге Иберийской Месеты и в Галиции контроль размещения месторождений линеаментный. Ширина каждой полосы



с доминирующим оловянным или вольфрамовым оруденением — несколько десятков километров, оловянно-вольфрамовая минерализация связана с более древними гранитами ( $C_{1-2}$ ), чем в Северо-Западной Иберии ( $C_2 - P_1$ ).

В Центральном-Французском массиве в послепермское время образовались две группы многочисленных мелких месторождений (рис. 12) оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы [10]. К более ранней относятся Монтебра, Вольри, Сан-Леопард, связанные с небольшими, часто трещинными, массивами двуслюдяных лейкогранитов и гранит-порфиоров, тяготеющих к герцинским (?) гранитным плутонам. Известны мелкие месторождения оловоносных пегматитов, содержащих вольфрамит (Монтебра). Кварцевозильные месторождения Тесьер-ле-Були Монредон-Лабессонье, Пюи-ле-Винь, а также месторождение Монмин, залегают в гранитах или в сланцах PZ, PrE.

Вольфрамовая минерализация приурочена к куполам молодых лейкогранитов, залегающим в полях древних гранитов. Значительные площади, перекрытые вулканитами (O) или сложенные древними анатектическими гранитами, не несут рассматриваемого оруденения. Установлено [122], как и на Иберийской Месете, чередование полос, богатых оловом или вольфрамом (рис. 13). Ширина полос 15–50 км (в Иберийской Месете 50–70 км), из них часть выражена менее контрастно, плотность точек здесь меньше чем на Месете. Выделяются "домены" безрудные и с относительно обильными месторождениями вольфрама или олова. Внутри полос намечаются поперечные к ним зоны сгущения точек минерализации длиной до 300 км, с простираем CB 20°, не следующие "V" главной складчатости.

Установлены три типа контроля оловянно-вольфрамовой минерализации: 1) региональный структурный контроль размещения гранитов, определяющий формы и ориентировку удлинения син- и позднектонических гранитных массивов, согласную со складчатостью; 2) контроль магматической эволюции в структурных доменах, сепарацию олова и вольфрама объясняют различием их поведения при кристаллизационной дифференциации магм: для концентрации Sn благоприятнее домены с более длительной и полной магматической эволюцией, для концентрации W — интенсивная постмагматическая гидротермальная деятельность; 3) гетерогенность распределения Sn и W в субстрате (древней коре), в котором формировались магматические комплексы, синхронные оруденению.

Небольшие месторождения вольфрама имеются в массиве Арморикан (рис. 14) — блоке фундамента (PrE) в ядре каледонской антиклинали северо-западного простираения, местами несогласно перекрытом породами

Рис. 11. Размещение месторождений и рудопроявлений олова и вольфрама в широтных и субмеридиональных полосах на Иберийском полуострове [123]

1 —  $W > Sn$ ; 2 —  $Sn > W$ . Границы доменов: 3 — с четким контрастным содержанием металлов, 4 — с нечетким контрастным содержанием металлов; 5 — номера месторождений и рудопроявлений: 1 — Панашкейра, 2 — Борралья, 3 — Барруэкопардо, 4 — Ковас, 5 — Санта-Комба, 6 — Лагоас; 6 — номера Sn и W; 7 — границы богатых борозд; 8 — Zn-Pb пояса (Пиренейско-Альпийский пояс по P. Routhier, 1980 г.; 9 — границы структурных зон по D. Thadeu (1973 г.) и A. Autrana. I. Cogne (1980 г.); 10–13 — продукция Sn или W (б): 10 — < 1000, 11 — 1000–4000, 12 — 4000–11000; 13 — > 11000, Запасы: 14 — > 11000 т., 15 — оловоносные россыпи



Рис. 12. Размещение месторождений оловянно-вольфрамовой формации в Центрально-Французском массиве (Routhier, 1963 г.). Врезка Б к рис. 6

1 — вулканы третичные и четвертичные; 2 — третичные отложения; 3 — мезозойские отложения (послелейасовые); 4 — отложения лейаса-триаса; 5 — отложения перми; 6 — отложения карбона; 7 — отложения палеозоя (докарбоновые), неметаморфизованные или слабо метаморфизованные; 8 — серицитовые сланцы, слюдяные сланцы, гнейсы; 9 — разновидности гранитов; 10 — гранулиты, граниты с мусковитом и двуслюдяные; 11 — месторождения: 1 — Монтебра, 2 — Монмин, 3 — Пюи-ле-Винь, 4 — Меймак, 5 — Лейкамп; 6 — Монтредон-Лабессонне; а — W, б. — Sn-W; в — W-Sn

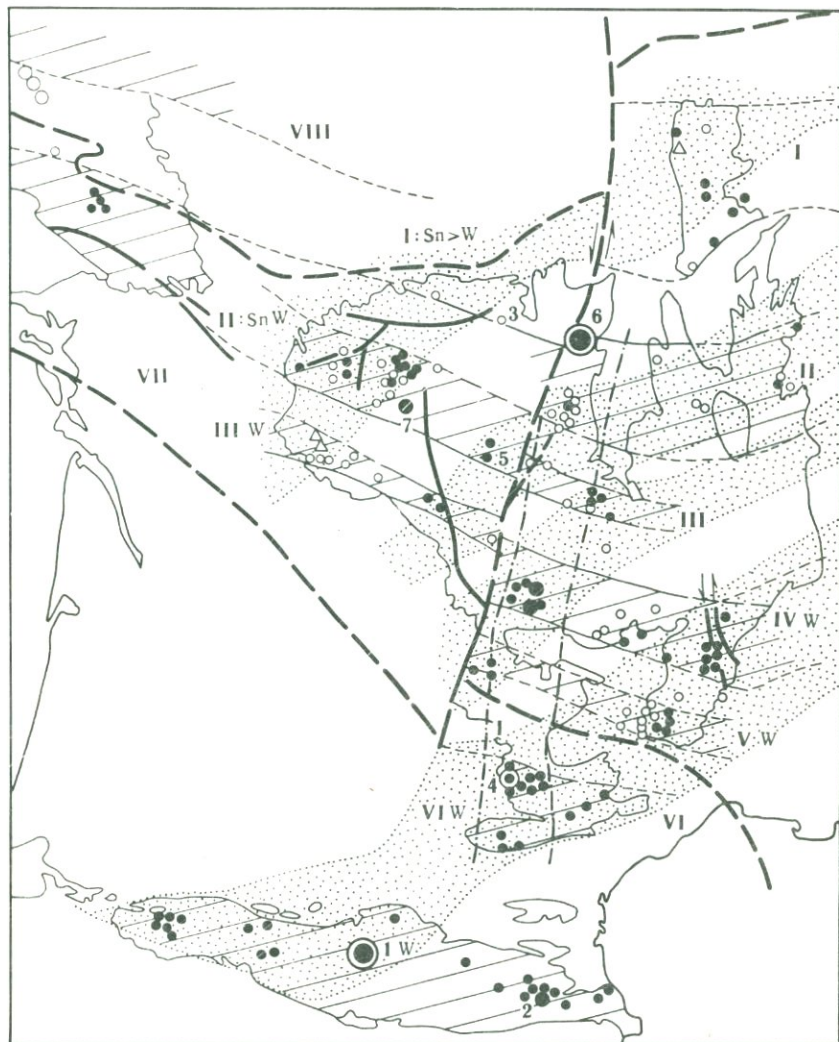


Рис. 13 Размещение перемежающихся субширотных ( $110^\circ$ ) полос с различным количественным соотношением Sn : W в Центрально-Французском массиве [123].

Sn доминирует на севере, в полосе I. В полосе II соотношение Sn : W промежуточное. Южнее – в полосах III–VI и в Пиренеях – доминирует W. Южнее Центрально-Французского массива пояс оловянно-вольфрамового оруденения перекрыт пиренейско-альпийским поясом с Pb–Zn оруденением (по Routhier, 1980 г.), а севернее – мелкими доменами перекрыт с Pb–Zn оруденением. Месторождения: 1 – Сало, 2 – Костабон, 3 – Монтебра, 4 – Монтредон-Лабессонье, 5 – Меймак, 6 – Эшасьер-Монмин, 7 – Пюи-ле-Винь, 8 – Аббаред. Условные обозначения см. рис. 11

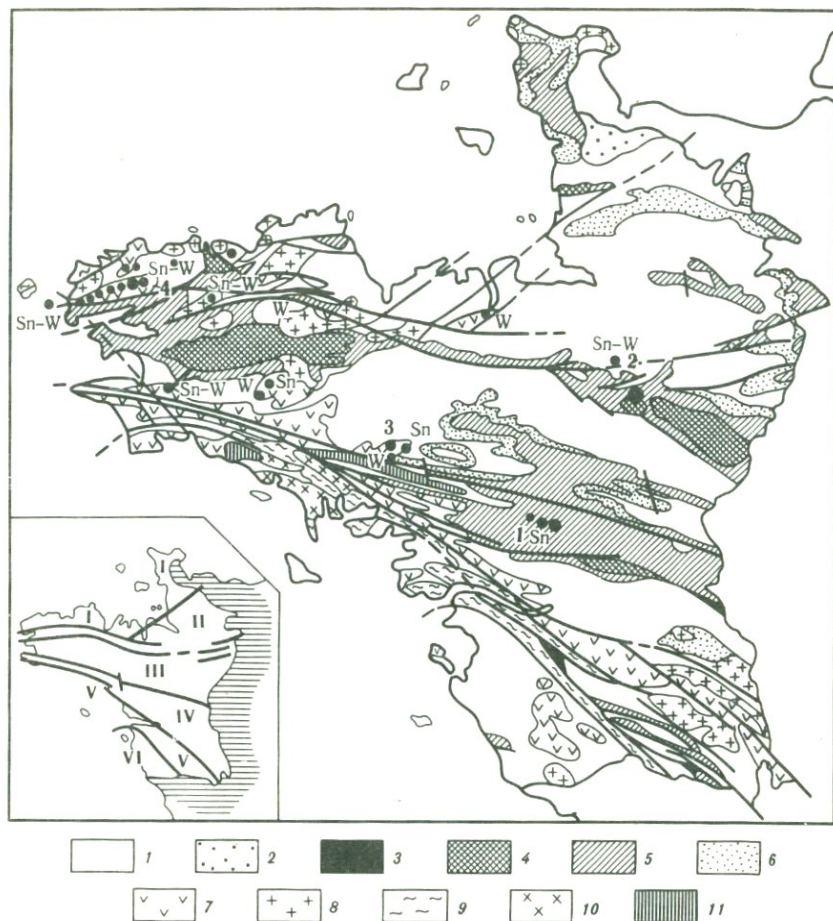


Рис. 14. Геологоструктурная схема Армориканского массива, по Ж. Конье с дополнениями по металлогенической карте. Структурные зоны: I – Домнонея, II – Манселля, III – Центральная Арморика, IV – Лижерия, V – антиклинорий Корнуэль, VI – Западная Вандея.

1 – осадочные породы, метаморфиты и граниты докембрия в пределах массива, а за пределами – чехол; 2 – пермь; 3 – верхний карбон; 4 – динанит; 5 – ордовик–силур–девон; 6 – кембрий; 7 – герцинские двуслюдяные щелочные граниты ("лейкограниты"); 8 – герцинские известково-щелочные граниты и гранодиориты; 9 – догерцинские мигматиты; 10 – догерцинские анатектические граниты; 11 – гранитно-гнейсовая ось Моелан–Ланво. Месторождения оловянно-вольфрамовой формации: 1 – Аббарец, 2 – Монбелле, 3 – Ла-Вилледер, 4 – Сан-Ренан

палеозоя, прорванном древними гранитоидами. Слабее проявилась многофазная складчатость ( $PZ_3$ ). В антиклиналях залегают докембрийские, каледонские и наиболее крупные герцинские плутоны диоритов, порфирированных биотитовых и двуслюдяных лейкогранитов, прорывающие отложения С и Р.

Здесь имеются три пояса герцинских рудоносных гранитных плутонов:

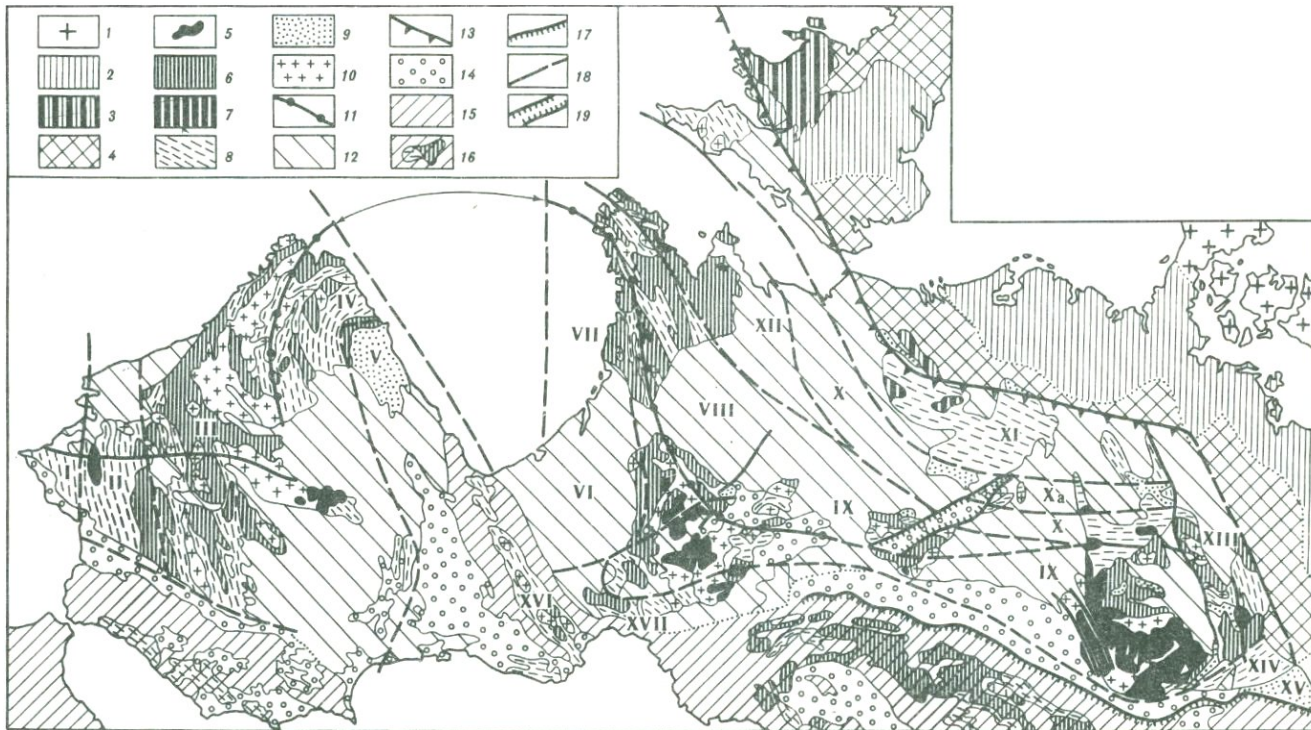
1) на юге — лейкогранитов корового происхождения (абс. возраст 320—290 млн. лет) длиной свыше 400 км; 2) цепочки выходов плутонов биотитовых гранитов, сопровождающих гранодиориты, и лейкогранитов корового происхождения (абс. возраст 330—310 млн. лет), возникших из более глубокой магмы, прослеживающихся на 250 км вдоль линейного элемента Молэн-Монконтур; 3) мелких массивов красных гранитов (абс. возраст 300—285 млн. лет) длиной 300 км (от д'Абер-Ильдю до Барфлер). Местами они ассоциируют с интрузивами основных пород и лейкогранитов, что свидетельствует, возможно, о частичной связи соответствующих магм с мантией. В первом поясе оловянно-вольфрамовых месторождений много: Трекенек, Локронан, Скаер, Ланьоне, Ла-Вилледер, Квестембер, Сан-Долей, Аббаретц, Нант, Мортань. В большинстве из них добывали только касситерит. Ла-Вилледер — оловянно-вольфрамовое. Во втором поясе месторождений меньше (рудная область Сан-Ренан, более мелкие Плуер-Менез, Кот-ан-Ноз, Ле-Леслей) и значение их меньше. Здесь имеются месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы и шеелитоносные, встречаются тактиты с молибденитом и шеелитом. Имеются три группы герцинских гранитоидных массивов (от 340—270 млн. лет до 280—270 млн. лет).

Как и в Иберийском массиве, оловоносные жилы часто залегают в гранитах, а вольфрамоносные — в кровле. В третьем поясе оловянно-вольфрамовые месторождения редки и незначительны, в регионе Пей-де-Леон сосредоточены месторождения олова.

С каледонским циклом, проявленным складчатостью, проявленной в частности 375 млн. лет назад (D); образование гранитов не связано ни в Иберийском, ни в Центрально-Французском, ни в Армориканском массивах. Нет и месторождений оловянно-вольфрамовой формации этого возраста. Около 345 млн. лет назад (турне) в этих массивах проявилась складчатость, сопровождавшаяся внедрением гранитов и монцогранитов, а в позднюю фазу — лейкогранитов. Последние местами сопровождались слабым оловянным оруденением (в визе-намюре, например, Ла-Вилледер в массиве Арморикан). Затем в массивах следовал ряд фаз складчатости вплоть до перми и внедрялись в той же последовательности разновидности гранитов (рис. 15—17).

В выступах фундамента, приподнятых во время альпийской ТМА в породах PZ<sub>1</sub> обнаружены многочисленные палеозойские месторождения скарновой группы формаций, среди которых имеются промышленные в Монтань Нуар и в Пиренеях (Сало, Костабон).

Большинство месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы в Центрально-Французском и Армориканском массивах залегают, как и в Иберийском массиве, в байкальском складчатом комплексе фундамента платформы — эпигерцинской, намеченной Штилле, или древней Средне-Европейской, намеченной М.В. Муратовым, и подразделяемой на ряд структурно-формационных зон (рис. 15). В одних структурно-формационных зонах преобладают существенно вольфрамоворудные, в других — существенно молибденоворудные месторождения (рис. 16). В массиве Арморикан почти все месторождения приурочены не к господствующим здесь выходам докембрия, а к выходам палеозоя в основании



чехла древней (?) платформы, сохранившимся в прогибах, и находятся вблизи гранитных куполов.

Сопоставление данных приводит к выводу, что оловянное оруденение тяготеет к прогибам (в частности к синклинию Шатолен на севере Арморикана), заполненным терригенными формациями  $PZ_1$ , а вольфрамовое — к поднятиям, что не согласуется с представлениями [122] о независимости размещения оруденелых полос от структурного плана герцинид и соответствует известным данным (стр. 69 и др.).

Массив Корнуэлл, считающийся обычно частью Армориканского — это выступ фундамента эпигерцинской платформы, но здесь выходы фундамента (гнейсов  $PrE$ ) невелики. Герцинский геосинклинальный этаж сложен, в основном, флишоидными песчано-сланцевыми отложениями ( $E$  и  $D_1$ ) — "киллас" — с подчиненными силлами и пирокластами основных пород — отголосками магматической деятельности соседней каледонской геосинклинали. На юго-западе массива развиты породы девона, а на северо-востоке — карбона. Восточнее последние полого перекрыты красноцветами и вулканитами ( $P$ ), а еще далее — отложениями  $MZ$ . В ядрах субширотных антиклиналей обнажены граниты шести массивов многофазного корнубийского плутона ( $C-P$ , абс. возраст 290–250 млн. лет). На юге герциниды контактируют по субширотному региональному надвику с выступом фундамента Восточно-Европейской платформы. Главная интрузивная фаза представлена грубозернистыми двуслюдяными гранитами. Эти граниты пересечены штоками и жилами гранитов и микрогранитов, с которыми связаны пегматиты с вольфрамитом.

Вдоль плутона согласно с зоной гравитационного минимума следует пояс длиной 240 км медно-оловянных — частью  $W$ -содержащих месторождений кварц-турмалин-хлоритовой группы. Оруденение приурочено к штоковидным выступам или дополнительным интрузивам мелкозернистых гранитов, к участкам пересечения северо-восточных и широтных разломов, полям распространения даек кварцевых порфиров.

Вольфрамовое оруденение, как и оловянное, наиболее интенсивно в средней части массива Корнуэлл, сложенной породами каледонского ге-

Рис. 15. Схема строения герцинид Европы, по В.Е. Хаину и др.

1 — древняя платформа; 2 — область байкальской (в основном) консолидации; 3, 4 — область каледонской консолидации: выступы складчатого основания (3), эпикаледонский чехол (4); 5–13 — область герцинской консолидации: "молданубикум" — добайкальский (?) комплекс (5), байкальский комплекс (6), каледонский комплекс (7), герцинский геосинклинальный комплекс (8), передовые и межгорные прогибы герцинид (9), плутоны герцинских гранитоидов (10), офиолитовые пояса в герцинидах (11), герциниды, перекрытые чехлом (12), фронт герцинид (13); 14–19 — область альпийской консолидации: альпийский складчатый пояс (14), герцинские и более древние ядра в альпидах (15), альпийские передовые и межгорные прогибы и выполнение Рейнского грабена (16), Рейский грабен (17), фронт альпийских шарьяжей (18), крупные разломы и границы структурно-формационных зон герцинид (19).

Структурно-формационные зоны: I — Южно-Португальская; II — Осса-Морена; III — Центрально-Иберийская, подзоны: А — Алкудийская, Г — Галисийская; IV — Западно-Астурийско-Лионская; V — Кантабрийская; VI — Южно-Герцинская; VII — Внутренняя Армориканская; VIII — Центрально-Армориканская; IX — Молданубская; X — Саксо-Тюрингская, включая Среднегерманское поднятие (Ха); XI — Рено-Герцинская; XII — Норманский массив; XIII — Западно-Судетская; XIV — Мораво-Силезская; XV — Верхнесилезская впадина; XVI — Пиренеев и Монтань-Нуар; XVII — Вандейско-Северная

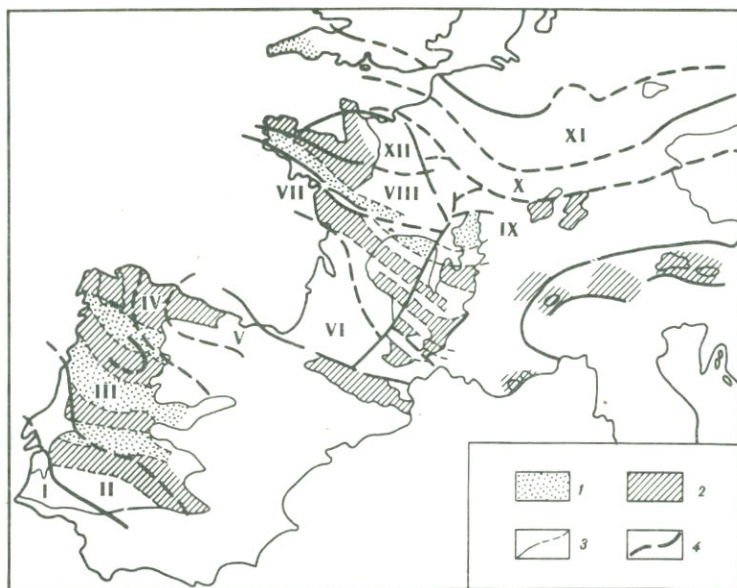


Рис. 16. Размещение полос, обогащенных оловом, и полос, относительно обогащенных вольфрамом, по отношению к границам структурно-формационных зон на территории массивов Корнуэл, Иберийского, Армориканского, Центрально-Французского, а также Альп и Пиренеев [123]

1 - Sn > W, 2 - W > Sn, 3 - границы полос, 4 - границы структурно-формационных зон. I-XII - зоны (см. рис. 11)

синклинального этажа, но имеется и на его флангах. Мелкие месторождения вольфрама приурочены к гранитным массивам Сан-Аустэлл (Кастл-Андинас - наиболее крупное), Сант-Агнесс (Клигга Хэд), Дартмур (Хемердон). Вольфрамит извлекается попутно из оловянных руд в Саус-Крофти и Хемердон, встречается в оловорудном месторождении Уил-Джейн.

Вольфрамовое оруденение сосредоточено также в провинции Рудных Гор (северо-западное обрамление Чешского массива) в Западном, Среднем и Восточном рудных районах. Фундамент массива сложен кристаллическими сланцами, гнейсами, мигматитами и гранитами Молданубика (PR). Осадки PZ<sub>1</sub>, развитые местами, метаморфизованы слабо. К кембрию (?) относятся "красные гнейсы" (ортогнейсы). Герцинский геосинклинальный этаж, развитый неполно, слагают отложения O-C<sub>1</sub> мощностью 500-2000 м, включающие аспидно-кремнистую формацию и инициальные вулканы S и D<sub>1</sub>, обрамляющие Рудногорский антиклинорий, возникший во время байкальского орогенеза. В PZ эта структура развивалась унаследованно. Орогенный этап начался в карбоне, проявлен ярко. Герцинская складчатость унаследовала структурный план ассинского тектогенеза. Разломы северо-западные и северо-восточные. В нижней перми образовались наложенные прогибы, заполнявшиеся континентальными пестроцветами (ротлигендес) и кислыми субсеквентными эффузивами, затем возникли наложенные прогибы с угленосными отложениями.

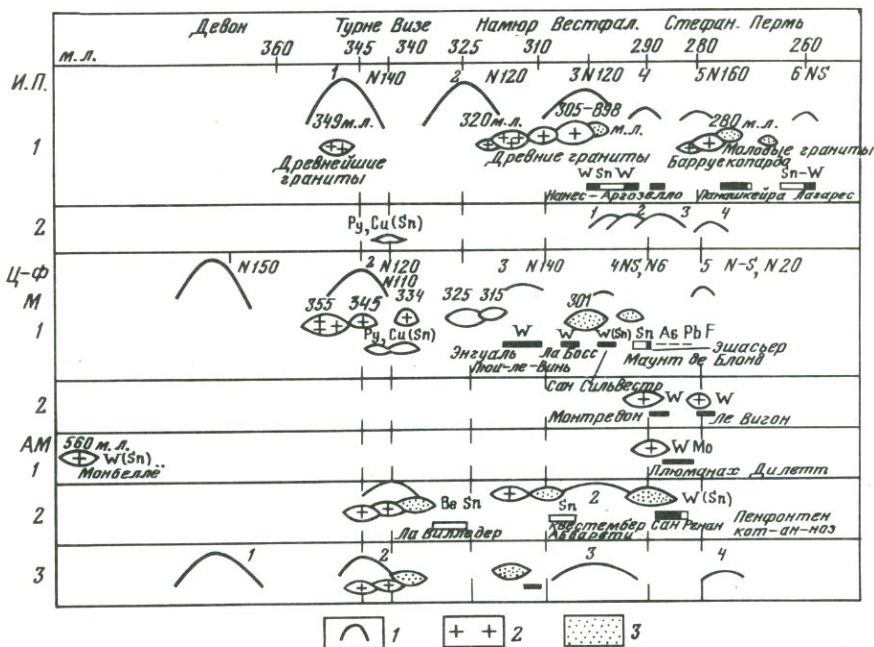


Рис. 17. Положение оруденения оловянно-вольфрамовой формации относительно фаз складчатости и интрузивных фаз герцинского тектоно-магматического цикла [123]

И.П. — Иберийский массив, Ц.-Ф.М. — Центрально-Французский массив, А.М. — Армориканский массив; 1 — фазы складчатости, 2 — граниты мондограниты, 3 — лейкограниты

Месторождения вольфрама выявлены на границе Рудногорского антиклинория с прогибом, заполненным вулканитами кислого состава (орогенный этаж) (рис. 18). Здесь имеется два многофазных гранитных комплекса: "горский" — биотитовых гранитов, сформированный до заложения прогиба, — и более молодой "рудногорский" — лейкогранитов литий-фтористого геохимического типа (его становление завершило излияние кислых лав). Оба комплекса сопровождаются оруденением оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. С горским комплексом ассоциируют вольфрамитовые месторождения — жильные и жильно-прожилковые (Пехтельсгрюн в Западном районе и др.), с рудногорским (абс. возраст 200–270 млн. лет) — существенно оловорудные грейзеново-жильные месторождения Цинновец, Альтенберг (Восточный район), Гейер-Эренфридерсдорф (Средний район) и др.

Эпигерцинская Скифско-Туранская плита и область ее кайнозойской ТМА. Эпигерцинская плита, примыкающая к Русской плите Восточно-Европейской платформы с юго-востока, некоторыми исследователями относится к авлакогеосинклинальным зонам. В ее фундаменте залегают стратиформное полиформационное оруденение месторождения Кти-Теберда. — вольфрамовое оловянно-вольфрамовой формации, богатое арсенипитом.

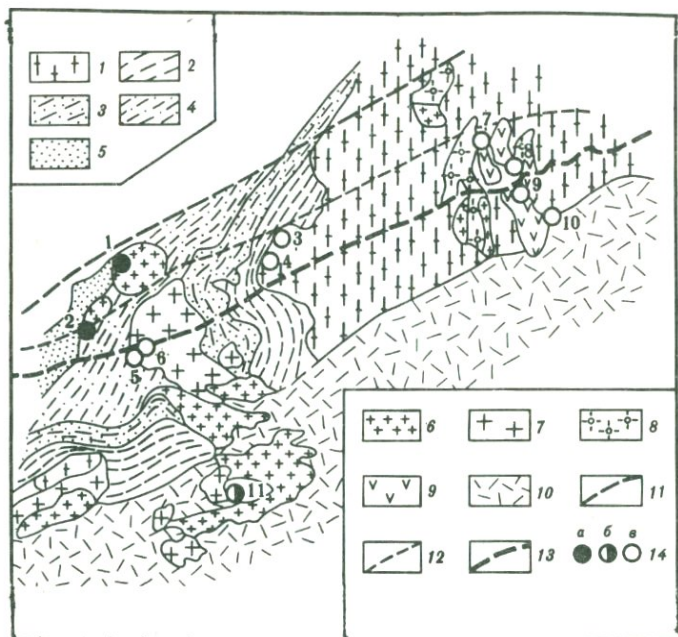


Рис. 18. Размещение месторождений оловянно-вольфрамовой формации в Рудных Горях, по В.К. Денисенко с добавлениями по Г. Тишendorфу

1 – гранито-гнейсы (Pr E); 2–5 – вулканогенно-терригенные породы (O) Саксоно-Тюрингской складчатой зоны: 2 – слюдяные сланцы; 3, 4 – разнообразные филлиты; 5 – сланцево-граувакковая толща; 6 – горские граниты; 7 – рудногорские граниты; 8 – гранит-порфиры; 9 – теплички кварцевые порфиры; 10 – покровы вулканитов (Tr); 11 – северо-западная граница распространения гранитов герцинского раннего комплекса; 12 – северо-западная граница распространения герцинского позднего комплекса; 13 – ось оловянного пояса; 14 – месторождения: 1 – Пехтельсгрун, 2 – Тирпсдорф, 3 – Эренфридерсдорф, 4 – Гейер, 5 – Танненберг, 6 – Готтесберг, 7 – Садисдорф, 8 – Альтенберг, 9 – Циновец, 10 – Крупка, 11 – Красно

Итак, в фундаменте Восточно-Европейской платформы (абс. возраст 2850 млн. лет) в лептитах с прослоями известняков обнаружены скарновые месторождения, в более молодых образованиях (2500–1900 млн. лет) – месторождение медно-вольфрамовой формации кварц-турмалин-хлоритовой группы.

В Иберийском, Центрально-Французском и Армориканском массивах Западно-Европейской эпигерцинской платформы большинство месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы залегает в байкальском складчатом комплексе фундамента. В Иберийском массиве в аспидных сланцах (PR или E<sub>1</sub>) залегает оловянно-вольфрамовая формация, в метаосадочных породах герцинского комплекса фундамента (S<sub>1-2</sub>) – жильные месторождения, в углистых сланцах (O<sub>1-2</sub>) месторождение кварц-турмалин-серицитовой группы Лагоаса, в отложениях PrE и PZ с горизонтами вулканитов (O и рубеж O и S) – скарновое месторождение Ковас и др. В массиве Арморикан почти все месторождения

приурочены не к господствующим здесь выходам докембрия, а к отложениям  $PZ_1$ , сохранившимся в прогибах.

В массиве Корнуэлл выходы докембрийского фундамента невелики, герцинский геосинклинальный этаж сложен, в основном, флишоидными песчано-сланцевыми отложениями ( $E$  и  $D_1$ ) с подчиненными силлами и пирокластами основных пород – отголосками магматической деятельности соседней каледонской геосинклинали. В этом единственном бесспорном выступе фундамента эпигерцинской платформы, рудные жилы залегают в терригенных породах герцинского геосинклинального этажа ( $E - D_1$ ), оруденение представлено в основном месторождениями не грейзеновой, как в других массивах Западной Европы, а кварц-турмалин-хлоритовой группы.

В Рудных Горах месторождения Циновец, Альтенберг и др. оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы приурочены к границе геосинклинального этажа или фундамента платформы с герцинским орогенным этажом ( $P$ ).

В тех массивах, где оруденение образовалось в условиях ТМА, оно размещается в байкальском и каледонском геосинклинальных этажах, несогласно с герцинскими складчатыми структурами и структурно-формационными зонами, а в массиве Корнуэлл – единственном, по М.В. Муратову, относящемся к герцинидам, – в согласном с герцинской складчатостью рудном поясе, в герцинском этаже ( $E$  и  $D_1$ ). Наиболее крупные месторождения вольфрама расположены в фундаменте, а олова – на границе фундамента с орогенным герцинским этажом. Размещение оловянно-вольфрамовой формации определяется, по-видимому, более глубинными факторами (поскольку она проявлена в более разнообразных тектонических структурах, является "сквозной"), чем размещение групп формаций: месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы находятся в фундаменте древней или молодой платформы, месторождения кварц-турмалин-хлоритовой группы формаций – в фундаменте эпигерцинской платформы.

#### *Зона альпийской консолидации и тектоно-магматической активизации*

В этой зоне, прослеживаемой вдоль южного края континента, имеется вольфрамовое оруденение различной формационной принадлежности. В осевой части интрагорстантиклинали Альпийской складчатой области, в выступах герцинского фундамента на территории Италии и Австрии, а также в пределах Греции встречено стратиформное оруденение молибден-вольфрамовой формации скарновой и кварцитовых групп, приуроченное к тонкокластическим терригенным и карбонатным отложениям  $PZ_1$ . Подобные проявления наиболее распространены на территории Итальянских и Восточных (Австрийских) Альп [107, 145 и др.].

В Итальянских Альпах имеется множество мелких скарновых и других шеелитовых и молибдошеелитовых проявлений (рис. 19). Среди них наиболее известно месторождение Траверселла, связанное с третичными штоками гранодиоритов и представленное шеелитоносными контактовыми скарнами (на рис. 19 обозначено № 27).

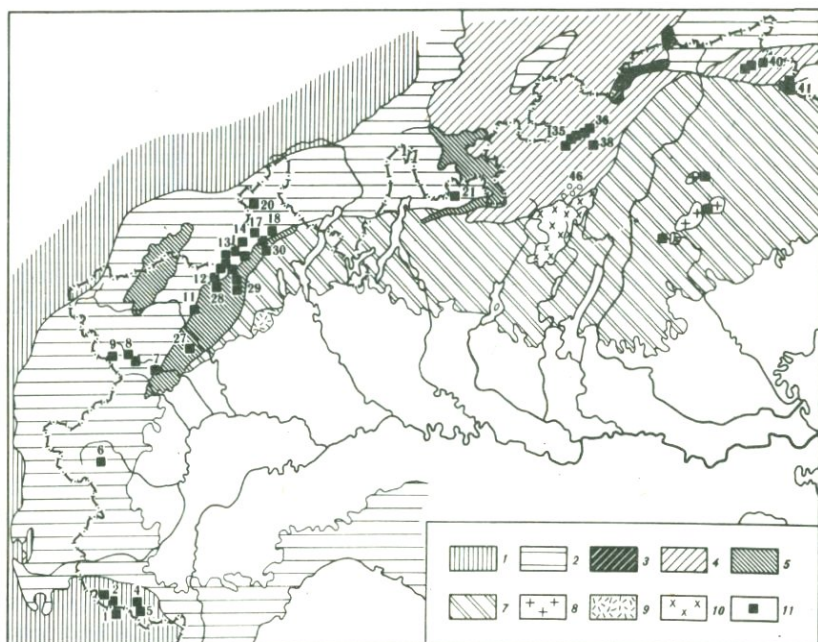


Рис. 19. Размещение месторождений и рудопроявлений вольфрама в Итальянских Альпах [107]

Структурные зоны: 1 – гельветская – отложения миогеосинклинальные, альпийский структурный этаж (Т–К<sub>1</sub>); 2 – пеннинская – метаморфические сланцы (PZ), подвергшиеся палеозойской и альпийской складчатости; 3 – верхнеавстралийская – отложения С<sub>2</sub>–Р – варийский верхний структурный этаж; 4 – среднеавстралийская – отложения PZ, подвергшиеся альпийской складчатости; 5 – нижнеавстралийская – отложения Т–I<sub>2</sub> – нижний альпийский подэтаж; 6 – Южноальпийская – миогеосинклинальные отложения альпийского структурного этажа (Т–I<sub>2</sub>); 7 – герцинские граниты; 8 – вулканиты (Т); 9 – адамеллиты (Т); 10 – шеелитовые месторождения и рудопроявления

Месторождения Восточных Альп, в частности наиболее крупное месторождение вольфрама в Европе Тукс и некоторые другие, кратко охарактеризованы нами [6, 57] по данным Р. Хёлля. Оруденение здесь стратиформное, жильно-прожилково-вкрапленное, приурочено к окварцованным тукским филлитам (PZ<sub>1</sub>) и находится вблизи пропластков известняков и доломитов в районе развития герцинских и третичных интрузий гранитоидов (рис. 20). Шеелитовое оруденение образовалось (по результатам микроскопических наблюдений) после проявления неодиократного метасоматоза при окварцевании породы. Некоторые шеелито-кварцевые прожилки пересекают слоистость. По данным Р. Хёлля, имеется три генерации шеелита – две более ранние, содержащие примесь Мо, третья (в "альпийских" (?) кварцевых жилах) лишена ее.

Оруденение представлено молибдошеелитом (который при наложении гидротермальных процессов частично перекристаллизован с образованием более крупных зерен, лишенных примеси молибдена, и выделением по трещинам молибденита) и тунгستنитом. Это оруденение, по-видимому,

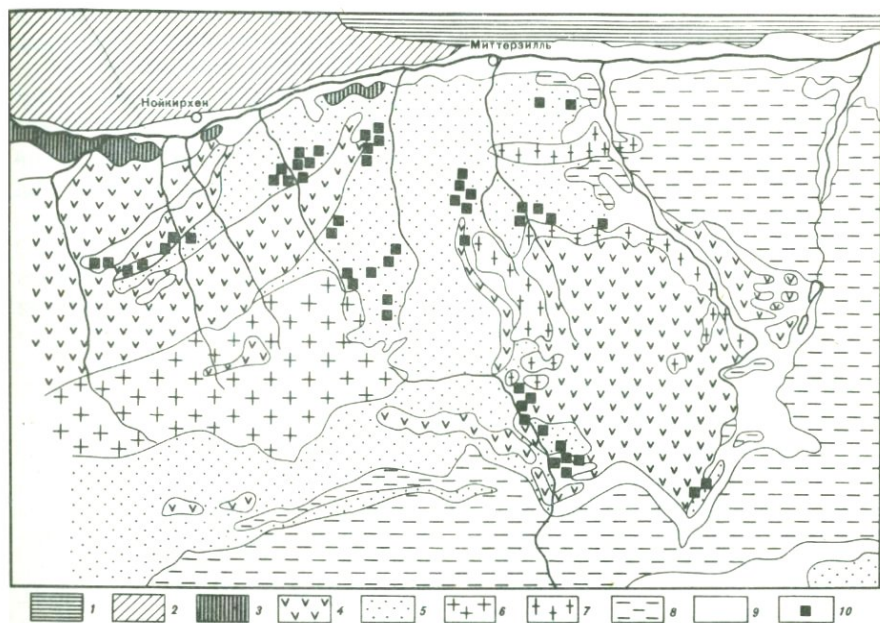


Рис. 20. Размещение месторождений молибден-вольфрамовой формации кварцитов группы в Швейцарских Альпах, по R. Höll

1 — граувакки верхневосточно-альпийские; 2 — кварцевые филлиты нижневосточно-альпийские; 3 — пермо-мезозойские отложения нижневосточно-альпийские; 4 — филлиты тукские (флишевой зоны) пеннинские; 5 — слюдяные шиферы и гнейсы палеозойские (Хабахсерия); 6 — гнейсы центральные (по варисским гранитам) — венедигерские слои и тоналит-граниты, тоналитовые гнейсы и мигматиты (альпийские); 7 — светлые гнейсы пеннинские; 8 — зеленокаменные породы и шиферные сланцы; 9 — четвертичные отложения; 10 — месторождения и рудопроявления шеелита

индуцировано в первично обогащенных вольфрамом и молибденом терригенных осадках при внедрении палеозойских интрузий. Считается, что в герцинское время руды претерпели интенсивное дробление, перекристаллизацию, гидротермальное изменение, сопровождаемое автолизией и вследствие этого "облагораживанием". В альпийский тектоно-магматический цикл образовались кварцевые жилы с шеелитом и карбонатами. Наличие в Альпах шеелитонесных метаморфогенных "альпийских" жил известно.

Незначительное третичное вулканоплутоногенное оруденение молибден-вольфрамовой формации скарновой (скарны инфильтрационные) и грейзеновой групп встречается в секущих и согласных непротяженных рудных поясах (пояс Осогово-Бисна Кобича) в Динарских Альпах. В Карпатах, на границе срединного массива в поясе золото-серебряных вулканоплутоногенных месторождений встречено жильное вольфрамовое оруденение пропилитовой группы формаций (Бая Сприе).

На Большом Кавказе вдоль Северного и южного структурных швов, ограничивающих главный антиклинарий (осевую структурно-формационную зону), находятся третичные вулканоплутоногенные месторождения, связанные со штоками и некками неинтрузий гранитоидов — жильные

(Чорох, Кванар, Цена) оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой или кварц-турмалин-хлоритовой групп и полиформационное Тырнауз, в котором совмещено оруденение молибден-вольфрамовой формации скарновой группы, "молибден-порфировой формации" кварц-калишпатовой группы, имеются проявления и других формаций, связанные, по-видимому с разными интрузивными фазами вулканоплутоического комплекса (4,5–1,5 млн. лет), отдельные проявления которых секут те или иные рудные тела. Наиболее важное месторождение – Тырнауз. Оно находится в Пшекиш-Тырнаузской шовной зоне, проходящей по границе эпигерцинской Скифской платформы (плиты) и осевой зоны Большого Кавказа (интрагорстантиклинорий), в поперечном поднытии, на скрещении глубинных разломов орто- и диагональной сети, на пересечении поднытия субмеридиональным нарушением, распознаваемым геофизическими методами еще на глубине 100 км, и некоторыми другими методами, но на земной поверхности не выраженным. Месторождение находится на простирании Восточно-Африканской рифтовой зоны, как это отмечено Е.Е. Милановским. Альпийское вольфрамовое оруденение Тырнауза на северном склоне и Ценское, Кванара, Ноцара на южном склоне Кавказа приурочены к области верхнекайнозойской ТМА, к участкам взаимодействия разнонаправленных разломов, нередки сдвиги. Первое залегает в отложениях герцинского складчатого комплекса фундамента молодой платформы, второе – в альпийском геосинклинальном этаже.

В зонах глубинных разломов, разобщающих альпийские и герцинские складчатые системы и их структурно-формационные зоны, находятся проявления сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, представленные оруденелыми зонами брекчирования и рудными жилами в оперяющих отрывах. Так, на о-ве Сардиния, в выступе герцинского фундамента, в зоне глубинного шва, разделяющего зоны альпийской и герцинской складчатости, известно оруденение сурьмяно-вольфрамовой формации, которое считают герцинским. Строгого обоснования такого заключения нет. Возможно, что возраст оруденения третичный.

В зоне южного склона Большого Кавказа (интрагеосинклиналь, лежащее плечо краевого шва – Главного Кавказского надвига) находятся три ряда субпараллельных надвигов нарушений. К северному из них приурочены Мамисонское, Моцанцарское, Ноцарское, Хврелието, Штальское, Сагебское и Зопхитское месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации, залегающие в альпийском геосинклинальном этаже (нижний и средний лейас), в тех же зонах, что и дайки диабазов (Сагеби, Зопхито) и дайки третичных неинтрузий (Зопхито, Ноцара, Кодис-Дзири). Сурьмяная и мышьяково-ртутная минерализация связана, по Ю.С. Бородаеву и Р.Ю. Орлову, с магмами, давшими третичные покровы липаритов и андезитодацитов. Эти месторождения образовались в условиях кайнозойской ТМА.

Одно из вольфрамовых проявлений обнаружено на эпигерцинской Западно-Европейской платформе в борту Рейнского грабена (рифта) в Шварцвальде в полиметаллическом месторождении. Здесь в жилах с полосчатой текстурой чередуются тонкие параллельные зальбандам зоны. Одни из них сложены сульфидами, другие – W-содержащими гидроокислами железа и марганца. Это вольфрамовое оруденение можно отнести к типу Голконды, оно образовалось, по-видимому, в четвертичное время.

### Ш. АЗИЯ

В пределах этого континента вольфрамовое оруденение имеется на древних платформах (Сибирская, Сино-Корейская, Южно-Китайская) и в подвижных поясах фанерозоя — Урало-Монгольском, Тихоокеанском, Альпийско-Гималайском (табл. 4, рис. 21). На рис. 22 показано положение воль-

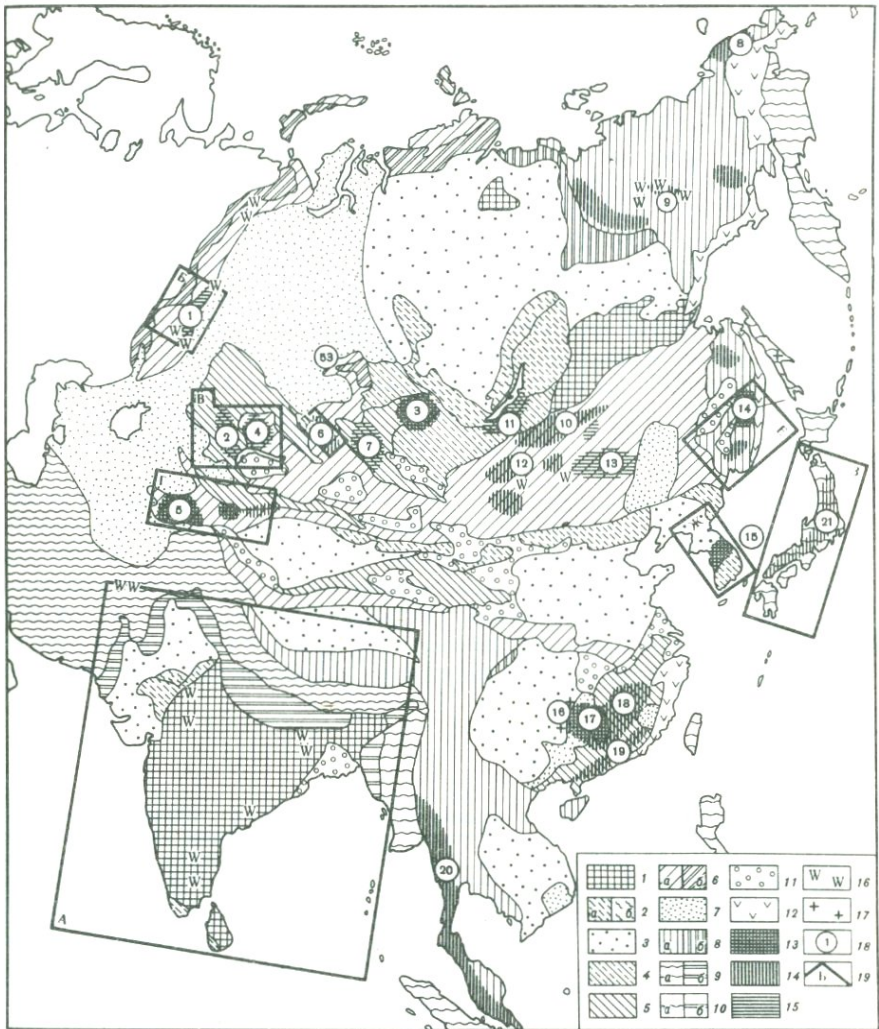


Рис. 21. Положение вольфрамородных провинций и районов на схеме тектонического строения Азии. Основа по схематической тектонической карте Евразии М 1 : 20 000 000, составленной В.Н. Шатским, под редакцией А.Л. Яншина (1964 г.), с упрощением

1 — области дорифейской складчатости древних платформ; 2 — области байкальской складчатости: а — выступы древних структур в ядрах антиклинориев, б — зачаточные краевые прогибы и внутренние впадины; 3 — древние и эпибайкальские платформы; 4 — области ранне-каледонской складчатости; 5 — области поздне-каледон-

фрамворудных регионов относительно участков земной коры различной мощности. За исключением зоны перехода от континента к океану ( $H_M \approx 30-35$  км), вольфрамовое оруденение независимо от формационной принадлежности локализовано в участках повышенной мощности земной коры ( $H_M \approx 40-50$  км).

### Сибирская платформа

Эта древняя (добайкальская) платформа состоит, по Е.Е.Милановскому, из Ангаро-Анабарской (Центрально-Сибирской) и Алданской (Восточно-Сибирской) платформ с архейским фундаментом, разделенных Байкало-Витимской метаплатформенной областью. Последняя включает одноименные метаплатформенный массив с нижнепротерозойским (?) фундаментом и окаймляющие и лежащие на его северо-восточном продолжении байкало-каледонские авлакогеосинклинальные зоны. На северо-востоке континента расположена Верхояно-Чукотская эпикратонная метаплатформенная область или Сибирская платформа (по М.В.Муратову, 1983 г.). Ее режим развития на ранних этапах был промежуточным между платформенным и миогеосинклинальным. На юго-востоке Евразии имеются Хингано-Буреинская и Южно-Китайская метаплатформенные области. Каждая из них находится между древней платформой и складчатыми областями герцинского и альпийского возраста.

Вольфрамовое оруденение выявлено в упомянутых структурах и на активизированных в мезо-кайнозойе щитах (Сино-Корейском) и платформах (Южно-Китайская, возможно, Ново-Сибирская). Поскольку практически все известное на этих платформах вольфрамовое оруденение сформировано в условиях мезо- и кайнозойской ТМА, мы охарактеризуем его при рассмотрении Тихоокеанского подвижного пояса. В докембрии здесь образовались только редкие жильные проявления вольфрамовой формации березитовой группы.

←  
Окончание подписи

ской складчатости; *б* – области герцинской складчатости; *а* – области геосинклинального развития, *б* – передовые прогибы; 7 – эпипалеозойские платформы; 8 – области мезозойской складчатости; *а* – области геосинклинального развития, *б* – передовые прогибы; 9 – области альпийской (средиземноморской) складчатости; *а* – области геосинклинального развития, *б* – передовые прогибы; 10 – области кайнозойского тектогенеза востока Азии; *а* – области геосинклинального развития, *б* – передовые прогибы; 11 – впадины неотектонического этапа развития, выполненные молассаами; 12 – вулканогенно-осадочный комплекс Чукотско-Катазиатского пояса (юра-палеоген). Вольфрамоворудные районы: 13 – с месторождениями скарновой группы формаций; 14, 16 – с месторождениями грейзеновой, кварц-калишпатовой или кварц-турмалин-хлоритовой групп; 14 – оловянно-вольфрамовой формации, 15 – молибден-вольфрамовой; 16 – вольфрамовой; 17 – с месторождениями и проявлениями сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы; 18 – номера рудных районов: 1 – Уральский, 2 и 4 – Центрально-Казахстанский, 3 – Салаирский, 5 – Тяньшаньский, 6 – Иртышско-Зайсанский, 7 – Горноалтайский, 8 – Чукотский, 9 – Яно-Колымо-Индигирский, 10 – Восточно-Забайкальский, 11 – Западно-Забайкальский, 12 – Северо-Монгольский, 13 – Восточно-Монгольский, 14 – Сихотэ-Алинский, 15 – Южно-Корейский, 16 – Цзяннаньский, 17 – Хунаньский, 18 – Южный Цзянси, 19 – Катазиатский, 20 – Бирманско-Малайский, 21 – Японской островной дуги; 19 – контуры врезок

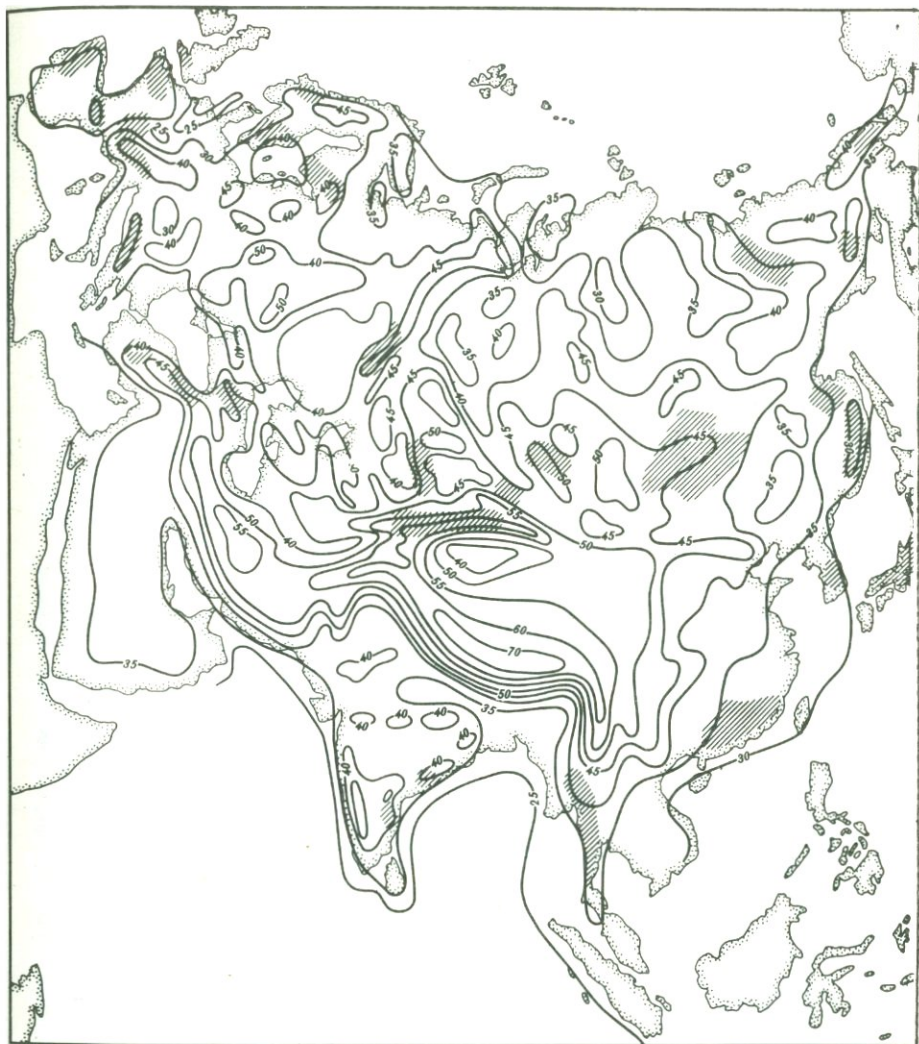


Рис. 22. Положение вольфрамоворудных поясов и районов на схеме глубин залегания поверхности Мохоровичича (в км) территории Центральной и Восточной Азии (по Н.А. Беляевскому)

### Урало-Монгольский подвижный пояс

К этому подвижному поясу мы относим (см. рис. 1) оруденение, сформированное в этом поясе в палеозое, поскольку консолидация в пределах пояса произошла вследствие проявления герцинского цикла тектогенеза. Мезозойское оруденение восточной части пояса относится к Тихоокеанскому подвижному поясу.

Подвижный пояс включает ряд сегментов — геосинклинальноскладчатых

Т а б л и ц а 4

Вольфрамоносные тектонические структуры Азиатского континента  
(Урало-Монгольский подвижный пояс)

Структурные позиции вольфрамоносных площадей	Типы рудных провинций, их названия	Магматические ассоциации, комплексы, породы (в скобках их возраст)	Вмещающие породы, их возраст, структурный этаж	Рудные формации, их группы	Типы рудных тел	Минеральные ассоциации	Месторождения
1	2	3	4	5	6	7	8
Уральский сегмент (герцинский $C_1/C_2$ )							
Интрагеоантиклиналь Уралтау, выход фундамента	Офиолитовый (субмаринных вулканитов)	?	Амфиболиты, кварциты (PR <sub>3</sub> )	Молибден-вольфрамовая скарноидная	Послойные залежи скарноидов	Амф, Q, Ш	Рудопроявления без названия
Эвгеосинклиналь Полярно-Уральского блока	То же	Плутоническая Гранит-глейкогранитной формации	Плагноклаз-амфиболовые ортогнейсы (рифей) экзо-контакт	Молибден-вольфрамовая грейзеновая	Жилы крутопадающие	Q, Ш, Мо, Сд (Хп, Гл, Сф)	Харбейское
Зона глубинного разлома, разобщающего эвнтрагеосинклиналь и эвнтрагеоантиклиналь	То же	Плутоническая диорит-гранодиорит-гранитная формация. Гранитоиды повышенной основности, включая sd (D <sub>3</sub> -C <sub>1</sub> )	Породы осадочно-офиолитового комплекса (кремнистоглинистые сланцы, яшмовиды, авгитовые порфириты, их туфы, известняки D <sub>2</sub> -3	Формация вольфрамовая, скарновой гумбеитовой группы	Контактовые залежи скарнов. Штокверки прожилков	Гр, Эп, реже Ди, Ск, Вл, Вез, Пк, Орт, Ш, Кв, Мо, П, Хп, Бр, Гл, Мг	Бурановское, Балканское, Отважный и др.
Эвнтрагеоантиклиналь Восточно-Уральская	Офиолитовый (субмаринных вулканитов)	Плутоническая, граниты лейкократовые, аляс-	Пироксен-плагноклазовые порфириты, их	Молибден-вольфрамовая, мусковит-	Залежи скарнов контактовые	Эп, Гр, Ш, Мо	Пороховское
(Урало-Тобольская)		китовые и др. (290–255 млн. лет)	туфы (S <sub>1</sub> -D <sub>2</sub> ), углистые сланцы (S <sub>1</sub> ), геосинклинальные. Лейкократовые γ	микроклиновая, березитовая	Кварцевые жилы	Кв, Гб, Ш, Му, Фл, Сд (П, Хп, Сф, Гл, Мо)	Карасьевское, Юго-Коневское
Центрально-Казахстанский (каледонский) ранне-каледонский							
Кокчетавская глыба (PrE) зерендинский гранито-гнейсовый купол	Субмаринных вулканитов (?)	γd (O <sub>3</sub> -S) (?), дайки мелкозернистых, аплитовидных гранитов, пегматитов	Амфиболовые, биотит-амфиболовые гнейсы, гранито-гнейсы, кристаллические сланцы (PR <sub>1-2</sub> ) кварциты	Молибден-вольфрамовая скарноидная	Стратиформные залежи	Гр, Пк, Амф, Кв, Ш	Баян
Позднекаледонской консолидации							
Пограничная зона интрагеоантиклинали и синклинория	Порфиоровый (субаэральных вулканитов, риолит-дацитовый)	Вулкано-плутоническая. Акчатауский. Лейкократовые граниты плутона (P, 270 млн. лет)	Песчаники, сланцы S <sub>2</sub> геосинклинальный, d (D <sup>?</sup> ) адамеллиты C <sub>1-2</sub> , лейкократовые γ (P, 270 млн. лет)	Молибден-вольфрамовая грейзеновая	Зоны грейзенов	Кв, Т, Му, Вт, Мо, П, Фл, Гб (немного)	Центральное
Прогиб, осложняющий интрагеоантиклиналь То же, наложенная мульда (постороженная)	То же	Плутоническая. Li-F граниты 265–280 млн. лет Плутоническая. Граниты стандартного геохимического типа (P) Гра-	Li-F граниты Граниты, вулканы D <sub>2-3</sub> (туфы, игнибриды липаритов, частично	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая Молибден-вольфрамовая переход к оловянно-вольфрамовой грейзе-	Жилы кварца Жилы кварца, штокверк полевошпат-кварцевых прожилков. Апокарбо-	Кв, Т, Плт, Вт, реже также К, Мо Мо, Кв; Кв, Вт, Мо, К, минералы В <sub>1</sub> , Сд, П, Сф, Гл	Куу Кара-Оба

1	2	3	4	5	6	7	8
То же, наложенная мульда (посторогенная)		нит-лейкогранитная формация	дацитов). В наложенной мульде — известняки $C_1$	новая (и серицит-кварцевая)	натные грейзены		
То же. Успенская зона смятия	То же	Плутоническая. Гранитный. Лейкократовые граниты	Терригенно-карбонатные породы ( $C_1$ ), граниты	Молибден-вольфрамовая и грейзеновая	Залежь скарнов столбообразная. Апоскарновые грейзены	Вл, Бус, Пк, Гр, Ш, Кв, Аф, Фл, Мо, Ш, Хп, Кб, Пр, Вс, Сс, Те, Ми и Эф, Аг	Катпар
Интрагеоантиклиналь	То же	Плутоническая. Гранитный ( $D_1$ ) Характер связи не ясен	Гранитоиды ( $D_1$ ) Терригенно-карбонатные породы (0)	Молибден-вольфрамовая Молибден-вольфрамовая скарноидная	Изометричные тела кварца Залежь скарнов послонная	Кв, Кш, Мош Гр, Пк, Ш	Кара-Камыс Кара-Камыс Юго-Восточный
Среднеазиатский сегмент, герцинский							
Зона разломов ( $N_2$ или $Q_1$ ) в области кайнозойской ТМА	Терригенный	Магматических пород, синхронных оруденению, не установлено	Порфиroidные гранодиориты ( $D_2$ ), травертины, осадочные брекчи	W-содержащая гидроокислов железа и марганца	Пластообразное тело. Зоны дробления, зоны прожилков	Пир, Пм, Кв, Фл, Кц, П	Тоссор, Аксай, Токсонбулак
Склоны (эвхэми- или мио-?) интрагеоантиклинального поднятия	Карбонатный	Плутоническая. Гранитоидный. Биотитовые $\gamma$ , адмеллиты, $\gamma d$ , $qd$ ( $C_3$ ?)	Сланцы, известняки ( $S_2$ ). Геосинклиальный	Молибден-вольфрамовая скарновая	Контактывые залежи скарнов	Ди, Гр, Пк, Кв, Вкз, Амф, Ш, Мо	Ингичке, Лянгар
	То же, с широким распространением сланцев	Плутоническая. Гранитоидный. Биотитовые $\gamma$ , $\gamma d$ ( $PZ_3$ )	Известняки, сланцы ( $S_2$ ). Геосинклиальный	Оловянно-вольфрамовая скарновая	Контактывые и послонные залежи скарнов. Жилы кварца	Кв, Ди, Ге, Амф, Ш, Кв, и К, Кв, и Сд (Ап, Сф, Гл, Хп)	Майхура, Такфон, Парз, Петинское
Восточно-Казахстанский сегмент (герцинский)							
некаледонского Чаткало-Кураминского срединного массива	(субазральных вулканитов, андезитодацитовый)	тонический. Чорухский (P)	( $C_{2-3}$ ) эффузивы ( $C_2, C_{2-3}$ ) базальтовые порфириты. Орогенный	вольфрамовая скарновая	залежи скарнов в гранитоидах	П, Сер, Фл, Гр, Пк, Амф, Ш, Мо	
Восточно-Казахстанский сегмент (герцинский)							
Межгорный прогиб, осложняющий антиклинорий и его склон	Терригенный (сланцевый)	Плутоническая. Гранитный. Биотитовые и аляскитовые $\gamma$ , $\gamma d$ , $\alpha$ , (300–268 млн. лет)	Граниты, сланцы аспидные. Геосинклиальный	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца Жилы кварца	Кв, Вт, Тур, Ми, редко Ш Кв, К, Вт, Ми, Ш	Большевик, Фурмановское, Скалистое Убинское, Каинды, Комсомольское, Карашское
?	Порфиroidный (субазральных кислых вулканитов (базальт-липаритовый))	Горно-Алтайский сегмент (каледонский, область герцинской ТМА) Плутоническая. Гранитный (после $C_1$ )	Биотитовые граниты	То же? Собственно вольфрамовое	Жилы кварца	Кв, Пш, Фл, Гб, Ш, П, редко Вс	Черновинское первое, Черновинское второе
Регенерированные прогибы в области сочленения мио- и эвгеосинклиальных зон	Терригенный	Плутоническая. Гранитный	Сланцы ( $D_2$ – $D_3$ ). Геосинклиальный	Кобальт-вольфрамовая серицит-кварцевая	Жилы и прожилки кварца	Кв, Ш, Кб Кв, Сл, Ш, Хп, Сф, Гм, Мг	Оленджулар, Караколь

Т а б л и ц а 4 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8		
Пограничная зона синклинория и антиклинория		Плутоническая, $\gamma d, qd, \gamma, (C_1)$ жильные диабазы	Гранодиориты, аплиты, глинистые сланцы. Известняки, песчаники (O и S)	Медно-вольфрамовая грейзеновая	Линза кварца, оруденелые грейзены	Кв, Му, Гб, Мо, П, Хп, Сф, Гл	Кольванское, Ново-Кольванское		
Антиклинорий	То же	Плутоническая. Гранитный биотитовые граниты ( $C_3 - P$ )	Биотитовые $\gamma, \gamma - \pi, \alpha$ , сланцы, Геосинклинальный	Молибден-вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца, зоны грейзенизации	Кв, Му, Пш, Фл, Вт, Мо, Ш, МГ, П	Кок-Куль, Чиндогатуй		
Поднятие, осложняющее приразломную впадину, наложенную на антиклинорий	Порфиновый субаэральных кислых вулканитов (андезит-риолитовый)	Плутоническая. Гранитоидный. Порфирировидные $\gamma$ , аплитовидные $\gamma, \gamma - \pi (P_2)$	Аплитовидные $\gamma, \gamma - \pi (P_2)$ $q - \pi (D_3 ?)$ Орогенный	То же	Жилы кварца, частью околожильные грейзены	Кв, Му, Гб, Мо, П, Хп, Сф, Гм, Фл, сульфовисмутиды Cu и Pb	Калгутинское		
Эвлинтрагеосинклиналь	Офиолитовый	Западно-Забайкальский (раннекаледонский). Область герцинской ТМА		Вулкано-плутоническая. $\gamma - \pi (PZ_3)$	Гранит-порфиры (MZ)	Молибден-вольфрамовая кварц-калшпатовая ("молибден-порфи́ровая")	Штокверк прожилков кварца	Кв, Мо, Гб, Кпш, Фл, П	Малый Ойногор

систем. Вольфрамовое оруденение возникло в них в орогенный этап или этап орогенной ТМА, иногда неоднократно. В некоторых регионах вольфрам, возможно, частично первоначально сконцентрирован в процессе геосинклинального осадконакопления, а в палеозое, вследствие наложенного метаморфизма, перераспределен и образовались руды.

### *Уральский сегмент*

В антиклинориях Уралтау и в орогенных поднятиях Восточно-Уральской эвгеосинклинальной зоны (в Промысловском, Ревдинско-Сергинском, Первоуральском районах) выявлены проявления шеелитовой минерализации скарноидной группы формаций в гранито- и амфиболито-гнейсовых толщах рифея-венда (байкальский складчатый комплекс фундамента или ранних уралид [19]).

Вблизи границы Среднего и Южного Урала в зоне глубинного разлома, разобщающего Восточно-Уральское поднятие и Магнитогорский прогиб, и на прилегающей территории последнего среди пород осадочно-вулканогенной свиты  $D_{2-3}$  с прослоями рифогенных известняков (герцинский геосинклинальный этаж) в контактах раннеорогенного плутона пород диорит-граноидорит-гранитной формации, включающей и сиенито-диориты ( $D_3-C_1$ ), имеется W-минерализация, низкотемпературные безрудные эпидот-гранатовые скарны, рассеченные шеелитоносными прожилками кварца, нередко с полевым шпатом, сопровождающиеся метасоматитами гумбейтовой и березитовой формаций.

На среднем Урале в Восточно-Уральском интрагорстантиклинории (эвгеосинклинальная зона) прослеживается три субмеридиональные рудные зоны — вдоль граничных глубинных разломов и в осевой части. Здесь имеется позднеорогенный Коневско-Карасьевский плутон, представленный комплексом гранитов, включающим аляскитовые (абс. возраст 290—255 млн. лет) (рис. 23). Месторождения (гюбнеритовые) молибден-вольфрамовой формации мусковит-полевошпатовой (грейзеновой?) группы<sup>1</sup> Юго-Коневское, Пороховское и др. расположены между упомянутым плутоном и региональным разломом, ограничивающим блок, против выступа Уфимской плиты Восточно-Европейской платформы. Месторождения плутоногенные, залегают в гранитах либо в надынтрузивной зоне в пределах контактового ореола, в пределах контуров проекции на земную поверхность плутона калиевых гранитов и в его сетеллитах, вблизи контактов, находящихся восточнее выходов плутона и контролирующихся тем же региональным продольным разломом, что и месторождения. Они находятся в узлах причленения к указанному разлому оперяющих, нередко диагональных, ограничивающих блоки различного состава.

Вне гранитных массивов эти месторождения залегают среди отложений каледонского геосинклинального этажа — среди амфиболитов и амфиболитизированных диабазов или углисто- и графитисто-углисто-кремнистых сланцев ( $S_1$ ), базальтовых порфиритов и их туфов ( $S_{1-2}$ ), редко среди

<sup>1</sup> Отличаются от обычных метасоматитов грейзеновой группы формаций распространением во внутренних зонах околожильных апогранитных метасоматических колонок калишпатитов, альбититов, мусковититов и отсутствием обычных зон обогащения  $SiO_2$ .

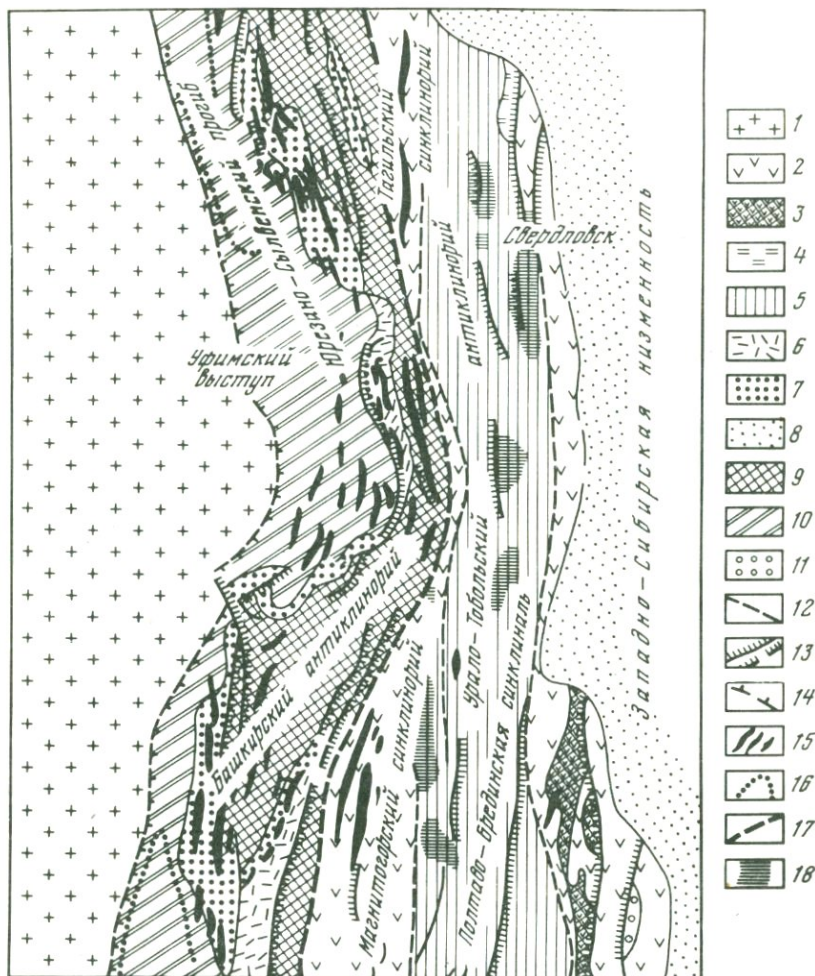


Рис. 23. Положение вольфрамоворудного пояса на схеме расположения структурно-формационных зон Уральской складчатой системы

1 – Русская платформа. Эвгеосинклинальная зона Уральской складчатой системы; 2 – геосинклинальные отложения уральд в синклиниориях; 3 – выходы доуральд в синклиниориях (R-O); 4 – геосинклинальные отложения уральд Урало-Тобольского антиклинория (D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>); 5 – неразделенные уральды и доуральды Урало-Тобольского антиклинория (f-D<sub>2</sub>). Миогеосинклинальная зона: 6 – геосинклинальные отложения уральд внутренней части миогеосинклинальной зоны – зилайская и другие свиты (O<sub>3</sub>-C<sub>1-2</sub>); 7 – геосинклинальные отложения уральд внешней части миогеосинклинальной зоны – Западно-Уральская карбонатная надформация. Кожимская "формация" и близкие к ней формации (O-C<sub>1-2</sub>); 8 – мезо-кайнозойский платформенный чехол на герцинском складчатом основании; 9 – доуральды (R-C). Орогенные образования уральд (C<sub>2-3</sub>-T); 10 – краевые прогибы; 11 – межгорные впадины; 12 – глубинные разломы и крупные тектонические швы; 13 – разломы: установленные и предполагаемые; 14 – крупные флексуры, 15 – оси антиклиналей; 16 – контуры площадей с соляной тектоникой; 17 – главный глубинный разлом Урала, восточнее него расположена эвгеосинклинальная зона, западнее – миогеосинклинальная зона; 18 – вольфрамонасные площади

туфоконгломератов, туфопесчаников, туфоалевролитов ( $S_1-D_2$ ), очень редко — среди известняков ( $C_1$ ). Если в гранитах и силикатных породах кровли оруденение в основном жильное, то в известняках  $C_1$ , отложившихся в условиях, переходных от геосинклинальных к орогенным, оруденение представлено анокарбонатными флюорит-мусковитовыми грейзенами, которые резко обеднены минералами вольфрама.

На Южном Урале в Орском Зауральском поднятии в пределах эвгеосинклинальной зоны с посторогенными массивами лейкогранитов связано, по А.И.Грабежеву (1981 г.), вулканоплутогенное штокверковое гюбнеритовое месторождение молибден-вольфрамовой формации Восток.

По данным С.Г.Караченцева, примесь вольфрама имеется в континентальной угленосной молассе (Т) новообразованных грабенов орогенного этапа.

### *Центрально-Казахстанский сегмент*

Этот сегмент включает структуры разновременной консолидации. Вольфрамовое оруденение региона в основном плутогенное, имеется в блоках Центрально-Казахстанском (Кара-Оба, Акчатау), на границе Балхашского и Джунгарского блоков — в зоне Коунрад-Борлинского граничного глубинного разлома (Восточный и Северный Коунрад), разобщающего каледонскую и герцинскую области консолидации, и на его северном продолжении (Верхнее Кайракты и др.), в Балхашском блоке (Майкуль, Кара-Камыс, Кенг-Киик и др.); Джалаир-Найманская система глубинных разломов и Шалгия-Караобинской глубинный разлом, контролирующее размещение многих рудоносных гранитных плутонов, — внутриблоковые. Вулканоплутогенная минерализация молибден-вольфрамовой формации находится в западной части Сарысу-Танизского поднятия (рис. 24), вблизи девонских штоков гранит-порфи́ров.

Месторождения приурочены к выходам геосинклинального этажа, перекрытым вулканическими поясами, развитыми вдоль краевых швов, — девонским Центрально-Казахстанским и позднпалеозойским Чу-Илийским. Оруденение имеется в Какчетавском срединном массиве, в антиклинориях (Бурунтавский, Жаман-Сарысу́йский) и в наложенных и унаследованных прогибах (Западно-Башхашский). Приуроченность месторождений вольфрама к прогибам характерна для многих зон ТМА и других регионов. Месторождения вольфрама образуют два пояса северо-западного простирания, локализация и ориентировка которых определяется границами древнейших — докарельских — глыб и северо-западных глубинных разломов, отражающих направление каледонских структур. Восточный из этих поясов находится в области Жаман-Сарысу́йского докарельского остаточного срединного массива — более древней континентальной коры, на северном продолжении Коунрад-Борлинского граничного глубинного разлома. Западный пояс — Бетпакдалинский — находится в области внутренней карельско-исседонской складчатой системы.

В Какчетавском срединном массиве — выступе фундамента (PrЄ) складчатой области — в ядре антиклинали второго порядка, осложняющей Зерендинский гранито-гнейсовый купол, расположено месторождение Баян медно-молибден-вольфрамовой формации скарноидной группы. Рудовмещаю-

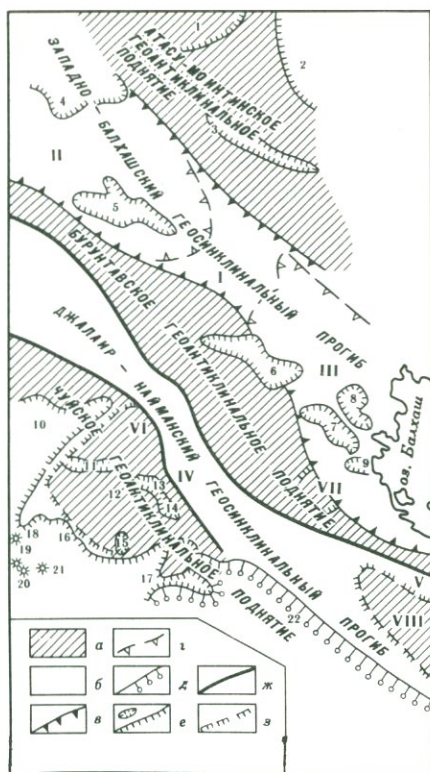
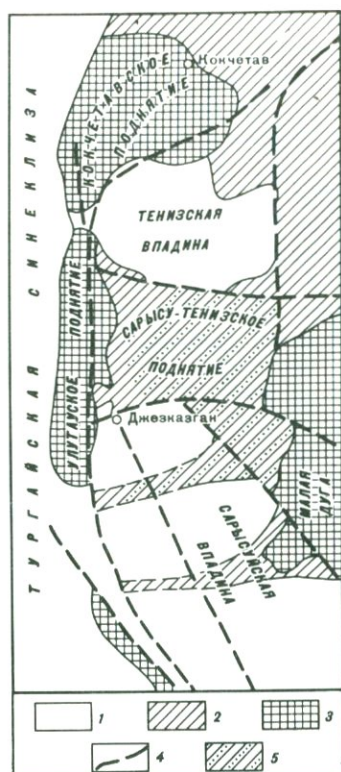


Рис. 24. Размещение вольфрамового оруденения на схеме тектонического строения западной части Центрального Казахстана, составленной С.Ш. Сейфуллиным и др.

1 — депрессии, заполненные отложениями (P, MZ—KZ); 2 — антиклинорий верхнего структурного этажа; 3 — антиклинорий нижнего структурного этажа; 4 — главные разломы; 5 — области распространения вольфрамовой минерализации

Рис. 25. Структурное расчленение восточной Бет-Пак-Далы, по Н.Г. Марковой

a — геосинклинальные поднятия; б — геосинклинальные прогибы; в — границы между ними; г — границы прогибов второго порядка; д — границы мульд и куполов; e — границы впадин; ж — контуры глыб; з — глубинные разломы. I — Акдолинское поперечное антиклинальное поднятие; II — Сасырлыкский прогиб; III — Прибалхашский прогиб; IV — Джалаир-Найманский грабен; V — Сарытумский грабен; VI — Чуйская глыба; VII — Каракамысская глыба; VIII — Джильтавская глыба. Мульды: 1 — Ортавская; 2 — Таставская; 3 — Сарыбулакская; 4 — Джайльминская; 5 — Мийкайнарская; 6 — Кызылжингирская; 7 — Акжар-Сарытумская; 8 — Кашкан-Тенизская; 9 — Каракамысская; 10 — Тасбулакская; 11 — Арысская; 12 — Домбральтавская; 13 — Аксорская; 14 — Кишкинесорская; 15 — Тоугус-Гумалакская; 16 — Жокпарская; 17 — Кызылтузская. Брахиантиклинали и купола: 18 — Казангапская; 19 — Кууральская; 20 — Центральская; 21 — Буралкеныйнская; 22 — впадина Саксаул-Дала

щую метавулканогенно-осадочную толщу Зерендинской серии (PR<sub>1-2</sub>) (переслаивающиеся гнейсы гранито-гнейсы, кристаллические сланцы, скарноиды) срезают интрузии гранодиоритов (O<sub>3</sub>-S) и лейкократовых гранитов (D<sub>1-2</sub>). Считают, что скарнирование с перераспределением вольфрама осуществилось в докембрии, а затем — повторно, наряду с гидротермальным метаморфизмом, — в связи со срезающим скарноиды плутоном

лейкокатовых и аплитовидных гранитов ( $D_{1-2}$ ). Менее четко скарноиды срезаются гранодиоритами  $O_3-S$ .

Минерализованные зоны дробления и окварцевания отмечены в песчаниках  $PZ_1$  (Южный Доумен, Тель-Адыр, Джаман-Койтас), стратиформная вольфрамовая минерализация — в флишоидных терригенно-осадочных толщах ( $PZ$ ) и хемогенно-осадочных (Марген, Скарновое). Выявлена также вольфрамовая минерализация, связанная с базальтоидными комплексами.

В наиболее продуктивной на  $W$  зоне поздних каледонид в Бурунтавском поднятии в пределах краевого (граница поздних каледонид и герцинид) вулканоплутонического пояса пород кислого состава находится месторождение, сходное с месторождением Баян, — Кара-Камыс Юго-Восточный. Здесь имеется шеелитоносная толща биотитовых и биотит-афиболовых гнейсов, амфиболитов, мраморов, скарноидов ( $PR_2$ ). Скарнирование и перераспределение вольфрама связаны с докембрийскими метаморфизмом и гранитизацией и с гранитным плутоном ( $D$ ) (данные А.П.Гуляева и др.). В том же плутоне гранитоидов ( $D_1$ ), который срезает это оруденение, находится месторождение Кара-Камыс молибден-вольфрамовой формации гнейзеновой (?) группы, представленное сфероидальными полевошпат-кварцевыми телами с молибдосеелитом.

В западной части Сарысу-Тенизского и Жаман-Сарысуейском поднятиях, а также в Западно-Балхашском прогибе встречаются вулканоплутоногенные минерализация и оруденение (штокверковое) молибден-вольфрамовой ("молибден-порфировой") формации грейзеновой или кварц-калишпатовой (?) группы. Оруденение встречается вдоль глубинных разломов (зоны смятия) северо-западного простирания в связи со штоками ритмично-зональных гранит-порфиров (месторождение Шалгия в Западно-Балхашском прогибе, абс. возраст оруденения 410 млн. лет). В месторождениях, расположенных в синклиориях, роль молибденового оруденения возрастает, а вольфрамового — снижается. Штокверки этого типа встречаются в надынtruзивных зонах в породах каледонского или герцинского геосинклинального этажа (см. табл. 4) (но не в эффузивах орогенного этажа!), а менее перспективные на  $W$  — и в самих плутонах. Реже встречается губеритовое оруденение; в кислых эффузивах надынtruзивной зоны выявлено молибденитовое оруденение, часто штокверковое, вольфрамсодержащее в отложениях  $D_2$  и  $D_3$ , в штоках гранит-порфиров  $D_3$ .

Большинство месторождений вольфрама находится в поднятиях, в герцинском геосинклинальном этапе, приурочены к кислым субэвральным вулканическим поясам, крайевым швам, наложенным и унаследованным впадинам и связаны с комплексами калиевых лейкогранитов разного возраста, образовавшимися в условиях герцинской ТМА.

Вдоль восточного ограничения Жаман-Сарысуейского поднятия, к которому приурочены, по данным Г.Н.Щербы [90], многие месторождения молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы (Акчатау, Байназар и др.), в  $PZ_2$  располагался край микроконтинента, а в верхнем палеозое — Чу-Илийский субэвральный вулканический пояс, в котором выявлена поперечная зональность, обычная для магматизма зон Бенюфа. Расположение территорий вдоль окраины микроконтинента способствовало накоплению вольфрама в прибрежных осадках. Ориентировка береговой линии определялась тем же глубинным разломом, который в дальнейшем контролиро-

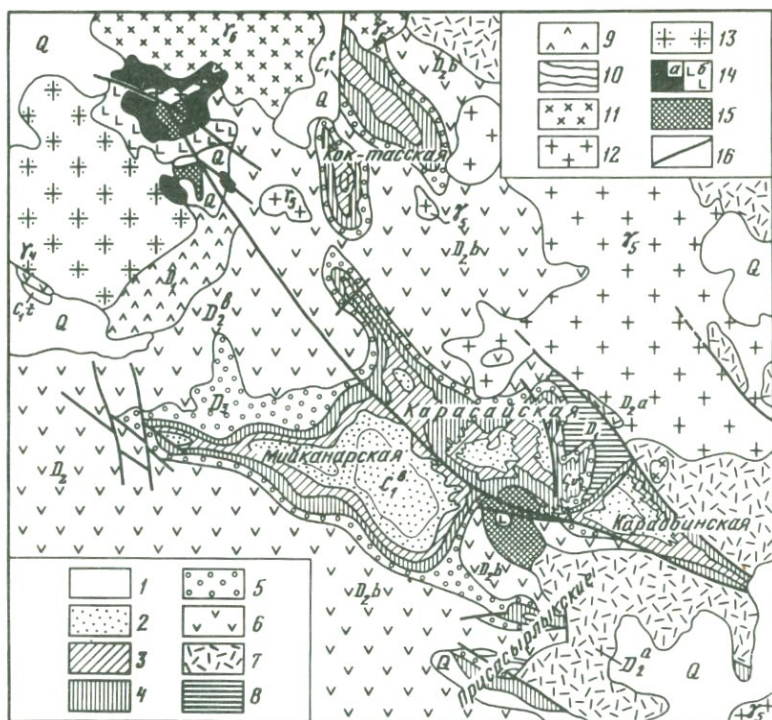


Рис. 26. Геологическое строение Мийкайнарской мульды, по Н.Г. Марковой

1 — четвертичные отложения (Q); 2 — песчано-алевролитовая свита ( $C_{1b}$ ); 3 — мергели ( $C_{1t}$ ); 4 — известняки ( $C_{1t}$ ); 5 — красноцветные конгломераты, песчаники ( $D_2$ ); 6 — липаритовые порфиры и их туфы ( $D_{2b}$ ); 7 — дацитовые порфиры и их туфы ( $D_{2a}$ ); 8 — песчаники, кремнистые сланцы, туффиты ( $D_1$ ); 9 — порфиры андезитовые и их туфы ( $D_1$ ); 10 — диабазовые порфиры, их туфы ( $Rf_1$ ); 11 — граниты позднегерцинские ( $\gamma_6$ ); 12 — граниты раннегерцинские ( $\gamma_5$ ); 13 — граниты девонские ( $\gamma_4$ ); 14 — ультраосновные (a) и основные (b) породы; 15 — вторичные кварциты; 16 — разломы

вал подъем магм и рудоносных растворов. Оруденение плутоногенное, залегает в самих плутонах под экранами эффузивов, реже — в кровле. Более перспективно штокверковое, грейзеновое и жильное оруденение, связанное с комплексами герцинских лейкогранитов, особенность герцинского оруденения — повышенное содержание минералов фтора.

Плутоны гранитов литий-фтористого геохимического типа менее перспективны на W, чем плутоны гранитов стандартного типа. В богатых кальцием песчано-сланцевых отложениях герцинского этажа на W перспективно герцинское плутоногенное штокверковое оруденение (Верхнее Кайракт) — шеелитовое и молибдошеелитовое, расположенное в экзоконтактах плутонов гранитов Акчатауского комплекса. В гранитах преобладает жильное, встречается грейзеновое вольфрамитовое оруденение. В отложениях герцинского этажа встречается стратиформное оруденение — менее перспективное на W, чем оруденение в отложениях PR и каледонского геосинклинального этажа. В известняках герцинского орогенного этажа зале-

гают зоны скарнов и слюдисто-флюоритовых апокарбонатных грейзенов (Катпар, Кара-Оба).

Месторождение Катпар молибден-вольфрамовой формации приурочено, по Л.С.Корниловой и др., к апикали позднегерцинского плутона лейкогранитов, и к прорываемой им терригенно-карбонатной толще верхнего фамена-нижнего турне. Вмещающие породы ороговикованы, мраморизованы, скарнированы. Стадии минерализации: дорудная, скарновая, грейзеновая и пострудная. Скарны образуют столбообразное тело, тяготеющее к куполовидному выступу гранитоидов. Минерализация, сингенетичная с пироксенгранатовыми скарнами, непромышленная. Основная масса вольфрама и молибдена связана с грейзеновым процессом. Руды комплексные (W, Mo, Cu и др.), локализуются в штокверке апоскарновых и апогранитных грейзеновых кварц-апофиллит-флюоритовых прожилков (апокарбонатные грейзены содержат апофиллит, апогранитные — топаз), содержит Co и Ni минерализацию — кобальтин, никелистый карролит, миллерит. Рудообразование завершается кристаллизацией галенита, сульфотеллуридов и теллуридов висмута и серебра. В заключительную стадию выделились цеолиты (шабазит, ломонтит), кварц, флюорит, апофиллит II, кальцит, хлорит).

На месторождении Кара-Оба в отложениях D (геосинклиальный этаж) залегают кварцево-вольфрамитовые жилы.

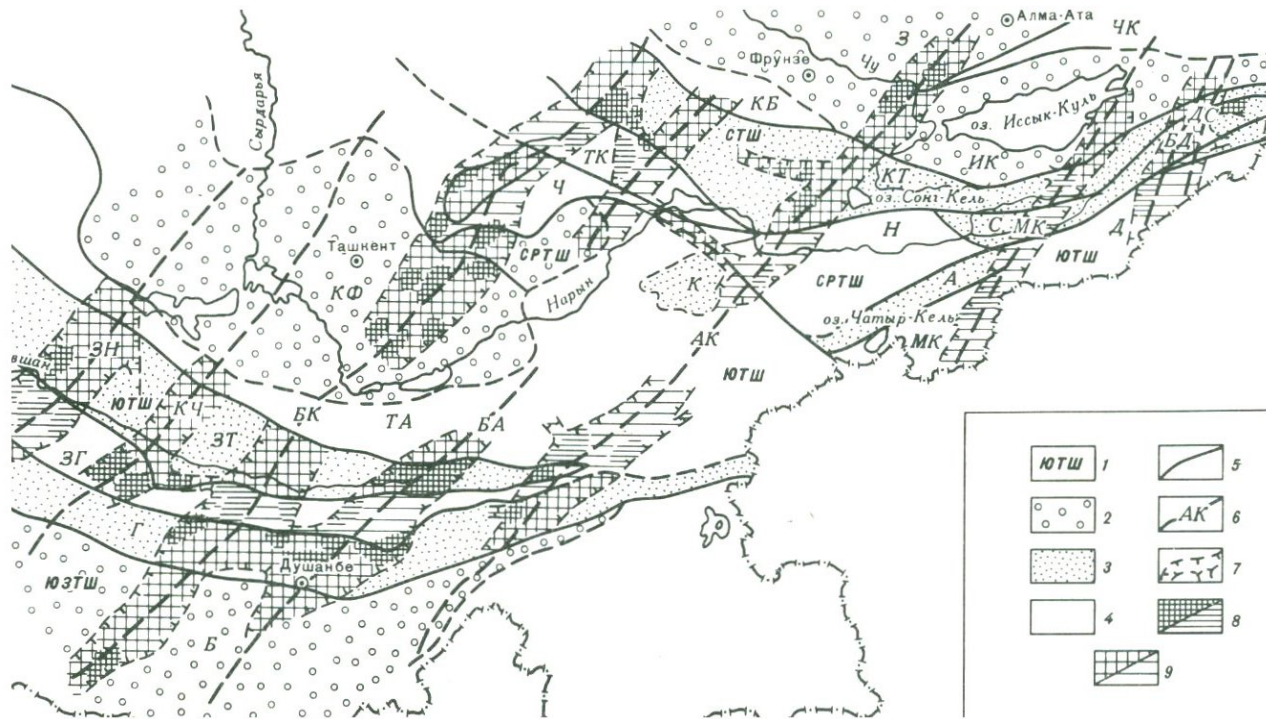
В зоне поздних каледонид в известняках  $S_1$  нижней молассы, накопившихся в наложенных приразломных посторогенных мульдах, образующих цепочки (рис. 25, 26) выявлены грейзены апокарбонатной экофации, часто полосчатые, флюорит- и мусковитовые (Кара-Оба, Коктенколь, Катпар, Акмая) с незначительным содержанием шеелита и второстепенные гюбнерито-кварцевые жилы (Кара-Оба). Скарны, возникшие местами по этим известнякам, в отличие от залегающих в геосинклиальном этаже, в основном инфильтрационные, секущие, мало или вовсе непродуктивные на W.

В Токрауском синклинии, отличающемся длительным ранним этапом геосинклиального развития, заложенном на океанической коре и консолидированном в герцинское время, наличием плутонов однополевошпатовых аляскитовых гранитов (данные Е.В.Негрей и др.), встречаются лишь единичные вольфрамовые проявления грейзеновой группы формаций (Майтас).

В платформенные этапы развития (MZ, KZ) территории Центрального Казахстана образовались вольфрамоносные коры выветривания по скарнам (Коктенколь, Катпар), россыпи, вольфрамоносные воды и W-содержащие осадки, что отмечалось О.Ф.Кролем, А.П.Гуляевым и др.

### *Тяньшаньский сегмент*

Этот сегмент состоит из субширотных продольных зон. Он включает каледонскую и герцинскую складчатые системы, разобщенные глубинным разломом ("линия Николаева"). Герцинская складчатая область подразделяется на Северный, Средний и Южный Тянь-Шань, различающиеся по набору и степени развития осадочных, интрузивных, эффузивных и рудных формаций, по распространению пород каледонского и герцинского структурных этажей. Месторождения вольфрама локализованы в Южном, частью в Среднем Тянь-Шане, в тех структурно-формационных зонах, где распространены



карбонатные толщи преимущественно герцинского геосинклинального этажа ( $S_2$ ) и герцинские гранитоидные плутоны, возникшие из гибридизированных кислых палингенных (?) коровых магм. Имеется ряд каледонских стратиформных залежей вольфрамовых руд. Как и на Памире, выявлены редкие мелкие проявления олова, вольфрама и молибдена пегматитовой и грейзеновой группы (кварц-вольфрамитовые жилы) в плутонах гранитоидов. Герцинские месторождения вольфрама почти все относятся к скарновой группе формаций. Изредка в раннеорогенный этап развития, начавшийся с верхнего палеозоя, в зонах воздымания образовались месторождения и грейзеновой группы формаций (Саргардон). Перспективное жильное оруденение в этом регионе отсутствует.

Месторождения разных регионов различаются по формационной принадлежности. Распределение месторождений вольфрама в Средней Азии зонально-поясовое. На западе провинции имеется два продольных, согласных с простираем структурно-формационных зон, субширотных вольфрамородных пояса — северный и южный, расположенные вдоль граничных разломов на склонах ступенчатого горстантиклинория (длина их 400 и 250 км, ширина 20–40 км). Соответственно изгибу линейных структурно-формационных зон, простираем согласных рудных поясов на западе провинции северо-западное; на юге они обрываются в месте сопряжения с субширотными структурно-формационными зонами, в которых восточнее места сопряжения до Талассо-Ферганского разлома месторождений вольфрама нет.

А.Б.Павловским отмечена приуроченность вольфрамового оруденения к поднятиям, а оловянного — к прогибам (рис. 27) в местах их пересечения разломами.

В известняках герцинского геосинклинального этажа (O–S) перспективны скарновые месторождения молибден- и олово-вольфрамовой формации. В них в контактах гранитоидных плутонов ( $PZ_3$ ) находятся почти все важные месторождения вольфрама, представленные залежами гранат-пироксеновых (геденбергитовых) скарнов. Возраст плутонов гранитоидов 326–265 млн. лет ( $C_2$ – $P_1$ ), а оруденения — 286–254 млн. лет. Наиболее перспективны герцинские скарновые месторождения Туркестано-Алайской и Зеравшано-Гиссарской структурно-формационных зон.

Рис. 27. Региональная формационная зональность оловянного и вольфрамового оруденения Тянь-Шаня, по А.Б. Павловскому, Н.И. Дорошенко, В.А. Ставинскому

1 — складчатые системы: *СТШ* — Северо-Тяньшаньская, *СРТШ* — Срединно-Тяньшаньская, *ЮТШ* — Южно-Тяньшаньская, *ЮЗТШ* — Юго-Западного Тянь-Шаня; 2 — срединные массивы: 3 — Заилийский, *ИК* — Иссыккульский, *С* — Сарыджазский, *КФ* — Курамино-Ферганский, *Б* — Байсунский; 3 — геостанклинальные поднятия: *КТ* — Киргизско-Терекское, *К* — Кугартское, *И* — Иньльчекское, *А* — Атбашинское, *ЗТ* — Зеравшано-Туркестанское, *Г* — Гиссарское; 4 — геосинклинальные прогибы: *КБ* — Карабалтинский, *ЧК* — Чылико-Кеминский, *ТА* — Туркестано-Алайский, *Ч* — Чаткальский, *Н* — Нарынский, *ТК* — Талассо-Каратауский, *ЗГ* — Зеравшано-Гиссарский, *Д* — Джангджирский, *МК* — Майданга-Кокшаальский; 5 — продольные глубинные разломы, разделяющие складчатые системы; 6 — оси зон поперечных магмо- и рудоуправляющих разломов: *ЗН* — Зирабулак-Нуратинского, *КЧ* — Керки-Чимкентского, *БК* — Байсун-Курагатинского, *БА* — Бабатаг-Аспаринского, *АК* — Алай-Кеминского, *МК* — Мудрюм-Кегенского, *БД* — Бедель-Джергаланского, *ДС* — Джангарт-Сарыджазского; 7 — ареалы распространения верхнепалеозойских оловоносных гранитоидов; 8 — оловорудные поля с проявлениями: *а* — редкометаллово-вольфрамо-оловянной формации, *б* — оловянной формации; 9 — оловоносные зоны с редкометаллово-вольфрамо-оловянным (*а*) и оловянным (*б*) оруденением

Контактовые скарны в этом регионе перспективнее послынных – “межформационных”. Они приурочены к определенно ориентированным контактам алюмосиликатных пород (интрузивных или метаосадочных) или к секущим их разломам. Пироксеновые (геденбергитовые) и гранат-пироксеновые скарны перспективнее гранатовых, эпидот-гранатовых, магнетит-гранатовых на вольфрамовое оруденение. Наличие в рудах анизотропного граната – положительный оценочный признак. Оруденение в скарнах может быть равномерным или находиться в наложенных согласных или секущих линзо- или жиллообразных телах. Содержание обычно изменяется тем значительнее, чем больше возрастной интервал между формированием скарнов и оруденения. Рудные жилы и прожилки обособлены от крупных блоков безрудных скарнов, тяготея к разломам, секущим скарны.

Зеравшан-Каратюбинская зона ограничена Вашхским, Южно-Зеравшанским и Северо-Гиссарским разломами. В ней значительно шире, чем в других зонах, распространены карбонатные, терригенные и терригенно-карбонатные отложения ( $S-C_1$ ). В районах преобразования карбонатных толщ – известняков  $S_2$  и развития гранодиоритов выявлены месторождения молибден-вольфрамовой (Ингички, Каратюбе) и оловянно-вольфрамовой (Майхура, Кабуты, Такфон) формаций скарновой группы. Последние находятся недалеко от Такфона, вблизи Северо-Гиссарского разлома, в центральной части антиклинория Гиссарского хребта, где генеральное простирание складчатых дуг Тянь-Шаня меняется с северо-восточного на северо-западное. Полиформационное и полиэтапное (по Л.Н.Еникеевой) месторождение Каратюбе связано с гранитоидами плутона ( $C_3\gamma_3$ ). Шеелитовое оруденение размещено в преобразованных магнезиальных и известковых скарнах и в роговиках, образовавшихся по отложениям силура.

Месторождения Зеравшанской группы – Такфон (Кух-и-Сафит), Петинское, Арчамайдан-Сарымат – расположены вокруг Петинского интрузива гранитов. Район сложен в основном перемежающимися известняками и сланцами (S) среди сланцевых толщ  $PZ_1$ , или D.

В рудном поле Арчамайдан-Сарымат шеелитоносные скарны также пироксеновые с наложенным пирротинном, залегают на контакте купола гранодиоритов, прорывающего доломитизированные известняки  $S_2$ .

В рудном поле Парз известняково-сланцевая свита (S), слагающая антиклиналь, прорвана гранодиоритами ( $PZ_3$ ).

В Нурата-Алайской структурно-формационной зоне, находящейся севернее Туркестанской, между Южно-Ферганским и Туркестанским разломами, расположены месторождения той же формации – Лянгар (в известняках  $PZ_1$ ), Койташ (в известняках  $C_2$ ), Мелик-су (в известняках  $S-D_1$ , конгломератах и сланцах  $C_3$ ) и др.

Кураминская структурно-формационная зона Среднего Тянь-Шаня – единственная клиновидная зона в Средней Азии – это антиклинорное поднятие между Кызылкумской и Ферганской впадинами. Зона расположена против места изгиба простирания рассмотренных линейных структур и отличается от них тем, что в ней  $PZ_3$  в значительной мере представлен средними и кислыми вулканитами. Вольфрамовое оруденение в скарнах моложе, чем в других зонах – триасовое, ассоциирует не с плутонами, а с малыми интрузиями. Это – часть протяженного (900 км) Курамино-Кызылкумского краевого вулканогенно-интрузивного пояса, формировавшегося, по

данным Е.Д.Карповой, от силура до триаса. Он протягивается в северо-западном направлении вдоль границы области позднепротерозойской и раннепалеозойской складчатости с зоной средне- и позднепалеозойской складчатости. На границе девона и карбона здесь накапливались красноцветные и карбонатные отложения.

Кураминская группа объединяет скарновые поля Моголтау: Чорух-Дайрон. Тамчи, Ингырчак, Айна-булак. Здесь проявились два интрузивных цикла. С первым связан Музбекский плутон гранодиоритов ( $C_{2-3}$ ), со вторым — малые интрузии чорухского комплекса. Формирование пород каждого цикла сопровождалось скарнированием. Древние скарны, возникшие по гранодиоритам и их жильным дериватам, залегают в кровле плутона и секутся малыми интрузиями и связанными с ними жильными скарнами. В узлах сопряжения разломов образовались месторождения молибденово-вольфрамовой формации скарновой группы.

Рудное поле Чорух-Дайрон приурочено к крупным субширотным разломам, расположенным между Северо-Ферганским и Каракызтуганским (главное рудоконтролирующее нарушение) глубинными разломами, имеющими встречное падение. В рудном поле господствуют эффузивные породы и прорывающие их гранодиориты и другие интрузивные породы плутона, внедрившегося в сводовую часть антиклинали. Они пересечены диоритами и монцонитами ( $C_3$ ), гранодиоритами и гранит-порфирами малых интрузий ( $P_1$ ) гомодромной серии, внедрявшимися вдоль эффузивного разлома и образующими дайковое поле.

Эффузивы представлены минбулакской ( $C_2$ ) и акчинской ( $C_2-C_3$ ) свитами. Первая свита сложена базальтовыми порфиритами, переслаивающимися с кремнистыми и глинистыми сланцами, вмещающими известковые скарны. Рудное поле расположено на сопряжении разломов, по которым преобладали сдвиги, рудные жилы приурочены к четырем системам северо-восточных сколов (взбросо-сдвиги) и оперяющим Тюябогузский разлом трещинам отрыва. В одних из этих трещин преобладает вольфрамовое оруденение, в других — вольфрам-молибденовое (в висячем боку Тюябогузского разлома) и полиметаллическое (в его лежащем боку).

Уникальные черты этого рудного узла — развитие скарнов среди интрузивных пород и эффузивов, обилие скаполита, интенсивность предшествующей и сопутствующей оруденению альбитизации и др. — обусловлены, возможно, тем, что в районе сочетаются мощные толщи карбонатных отложений (в 1–2 км от рудного поля), присущие провинциям карбонатного типа, и более поздние вулканиты краевого вулканического пояса. Х.М.Абдуллаев сгруппировал месторождения по особенностям оруденения в Зирабулакскую, Зеравшанскую, Кураминскую, Кумбельскую группы. В Алайском хребте (Мелик-су), Гиссарском (Кабуты) и Зеравшанском (Тагобысор, Арча-Майдан, Кух-и-Сафит, Саук-Джейляу) скарны геденбергитовые, бедны гранатом, апоскарновые породы богаты сульфидами. Скарны Зеравшанского хребта (за исключением скарнов месторождения Пети) содержат касситерит, станнин и арсенопирит, необычные для скарнов Нуратинских и Зирабулакских гор. Эти скарны, а также скарны Зирабулакских гор (Койташ, Ингычке), частично Лянгара (Нуратинские горы) сложены геденбергитом (по В.С.Мясникову и др.). Гранатовые скарны развиты на месторождениях Лянгар, Кумбель, Кашка-су, Кендык и Каратюбе. В Зеравшано-

Гиссарском рудном узле все месторождения оловянно-вольфрамовые с обильными пирротином и геденбергитом. Скарны рудных полей Кара-Тюбе, Айназарат в горах Кара-Тюбе малосульфидные, они имеют гранатовый (гроссуляр) и гранат-везувиановый состав (гранаты Sn-содержащие), Койташский – Чаклыккалянский рудные узлы, Ингичке – Лянгар.

Выявлена продольная зональность и сопряженность особенностей минерализации северного и южного поясов по меридианам, определяемая, по В.Г.Гарьковцу и др., системой поперечных разломов. Минерализация рудного узла Меликсу (северный пояс) сходна с таковой Зеравшано-Гиссарского узла (южный пояс), а минерализация Лянгара (северный пояс) – с таковой месторождений Ингичке и Кара-Тюбе (южный пояс). Более крупные месторождения сосредоточены в южном поясе и в миогеосинклинальной зоне на ее границе с эвгеосинклинальной зоной Южного Гиссара. Здесь ни в одном рудном поле, кроме Кара-Тюбе, нет отложений  $C_1$ . В северном поясе в рудных полях Койташ, Кумбель, Мелик-су, Беш-Арча и др. к этому времени относятся конгломераты, песчаники, сланцы, известняки. Дайки малых интрузий слагаются здесь меланократовыми породами (порфириты и порфиры). В рудных полях Лянгар и Койташ шире распространены эндоскарны, наряду с пироксеном обильны гранаты (андрадит), эпидот, местами пирит или магнетит и гематит; нередко (в рудах Лянгара, Койташа и др.) распространен молибденит.

Региональные черты минерализации обусловлены неоднородностью распределения литологических отложений по простирацию зон (карбонатная формация представлена не только известняками, но местами и доломитами). В области развития магнезиальных отложений (месторождения Тиллягульсай, Яхтон, Чаштепе) имеются, кроме известковых скарнов, магнезиальные, в них, наряду с гранатом, появляются еще два островных силиката – форстерит и хондродит, из пироксенов распространен диопсид, но почти не содержится шеелита, если магнезиальные скарны не подверглись замещению известковыми.

Из всех месторождений вольфрама только те, которые находятся в восточной части Зеравшанского и Гиссарского хребтов, размещены среди толщ  $PZ_2$ , в которых помимо карбонатной и карбонатно-терригенной формаций, участвуют переслаивающиеся с ними глинистые сланцы. Здесь расположены месторождения оловянно-вольфрамовой формации.

В Зеравшан-Каратюбинской зоне преобладают пироксеновые скарны.

С запада на восток величина рудоносных плутонов уменьшается, они становятся дискордантными, приурочены к сбросам, прорывают конгломераты  $C_3$ . Локализация месторождений вольфрама зависит от распространения интрузивных пород различных фаз. Позиции рудных зон и полей определяются размещением корней плутонов. В северном поясе вольфрамовое оруденение наблюдается на западном фланге соответствующей структурно-формационной зоны, в средней его части оно сменяется телетермальным сурьмяным и ртутным, интрузивы гранитоидов здесь редки. Восточнее вновь появляется вольфрамоворудный узел (Мелик-су). Здесь в рудах месторождения Беш-Арча, связанных с интрузивом, прорывающим конгломераты (герцинский орогенный этаж) и сформированных в сильно нарушенном участке, содержатся не встреченные в других скарновых месторождениях шеелита минералы сурьмы – джемсонит, буланжерит, антимонит.

Выявлены вольфрамоносные штокверки [45]: а) в геосинклинально-складчатых зонах (Зерафшано-Алайская, Южно-Букантауская и др. в углеродистых осадочно-метаморфических толщах фундамента (PR) и каледонского геосинклинального этажа, вне связи с магматизмом, во флексуоробразных структурах на крыльях антиклиналей. Они сопровождаются биотитизацией, серицитизацией, окварцеванием и сульфидизацией пород; б) в гранитоидах срединных массивов (Курамино-Ферганского, Иссыккульского), перекрытых вулканоплутоническими поясами (PZ<sub>3</sub>). Вольфрамоносные штокверки, относящиеся к различным рудным формациям, сопряжены с участками альбитизации, грейзенизации, окварцевания.

В Центральных Кызылкумах В.Г.Гарьковцом отмечается наличие метаморфогенных (?) межпластовых жил кварца с шеелитом; синхронных с допалеозойским региональным метаморфизмом, а также более поздних штокверков метасоматитов гумбеитового ряда и скарноидов, пересекаемых (?) раннегерцинскими дайками гранитоидов. Каледонские (?) вольфрамоносные скарноиды приурочены к контактам субвулканических тел липаритов с прослоями известняков (Туранги) на расстоянии до 300 м от позднегерцинских интрузивов и проявления вольфрама в карбонатно-терригенных толщах в обрамлении гранитоидных интрузивов Тымского комплекса. Отмечаются стратиграфические уровни повышенной концентрации вольфрамового оруденения: 1) тасказганская свита и ее аналоги. Оруденение находится в кварцитах (Карзак), магнезиальных скарнах (Фазильман), скарноидах (Алтынтау), амфиболитах (Штоковое), часто вдаль (более 1–2 км) от гранитоидов; 2) бесапанская свита (V–S<sub>1</sub>?) каледонского этажа, W находится в стратиформных залежах углеродистых терригенных формаций (ассоциирует с Au) и в секущих зонах окварцевания (ассоциирует с Ag); 3) карбонатно-вулканогенно-терригенные толщи каледонского этажа, подстилающие рудовмещающие карбонатные (месторождения Ингичке, Лянгар; Койташ, Яхтон и др.). В продуктивной толще имеются стратиформные межпластовые залежи (Ходжадык, Туранглы), в отложениях S<sub>1</sub> – штокверки (Яхтон, Чашмазар), в породах D<sub>1</sub>–C<sub>1</sub> – эндоконтактов гранитоидных плутонов (Чаштепе), а в наиболее удаленных отложениях D<sub>2</sub>–C<sub>2</sub> они безрудны (Ургутский, Битауский, Зуркайнарский интрузивы); 4) терригенные формации C<sub>2</sub> герцинского орогенного этажа (Северный Тамдытау) вмещают скарново-шеелитовое оруденение (Койташ-Угат). Все уровни соответствуют времени перестройки тектонического режима, отражают инверсионные стадии развития отдельные блоки. Им соответствуют осадки, накопившиеся вслед за размывом подстилающих толщ. Нередко их сопровождает среднекислый коровый вулканизм.

В силурийских толщах Зирабулакского и Каратюбинского рудных узлов и в бесапанской свите Бельтау содержания вольфрама в 2–5 раз выше кларковых.

Месторождения приурочены к краевым частям палеоподнятий (до S<sub>1–2</sub>) и каменноугольных наложенных прогибов (вторичных геосинклиналей), определяющих границы распространения интрузивов гранит-гранодиоритового комплекса и сопровождающего шеелитового оруденения.

Вольфраморудные объекты приурочены к наложенным инверсированным прогибам Южного Тянь-Шаня. Позиции рудных зон и полей определяются корневой системой плутонов. В областях развития шеелитоносных

известковых скарнов поисковым признаком на оруденение являются зоны дедоломитизации магнезиальных карбонатных пород и площади развития осветленных и перекристаллизованных (с уменьшением зерен) известняков.

На оруденение золото-вольфрамовой формации скарновой группы перспективны зоны наиболее крупных глубинных разломов, в частности разбщающих каледониды и герциниды, плутоны, включающие субщелочные и щелочные разности пород, и их контактовые ореолы.

Распространение скарново-шеелитового оруденения ограничивается широтной Зерафшано-Алайской зоной и субмеридиональным Нуратау-Зирабулак, Каратыбинским сектором. Почти все месторождения находятся в толщах перемежающихся известняков и сланцев силура (Такфон, Арчамайдан-Сарымат, Парз, Майхура, Лянгар и др.). Лишь Койташ залегает в контакте гранитоидного плутона с известняками герцинского орогенного этажа ( $C_2$ ), Мелик-су – в контакте известняков ( $S-D$  или  $D_3-C_{1-2}$ ) и ороговикованных сланцев ( $D_3-C_{1-2}$ ). В областях каледонской консолидации скарны, залегающие в орогенных известняках  $C_1$ , малоперспективны на шеелитовое оруденение. В этих отложениях более важны залежи апобонатных грейзенов. Они же, по данным В.Б.Шувалова, являются поисковым признаком на грейзеновое оруденение, залегающее ниже, в гранитах.

На месторождениях Койташ, Чорух Дайрон, Ингичке И.Х.Хамрабаевым выявлены шеелитоносные роговики, кварциты и "апограниты". Считают, что они могут разрабатываться попутно, наряду с шеелитоносными кварцевыми жилами, вольфрамоносными продуктами зон окисления месторождений вольфрама (до 0,2% W) и кор выветривания магматических пород (до 0,9% W).

Главные месторождения в Центральном Таджикистане относятся, как известно, к магнезиально-скарновой формации, либо они полиформационные.

Вольфрамовые проявления Памира и Северного Таджикистана (горы Моголтау) относятся к известково-скарновой формации. В месторождениях магнезиально-скарновой формации вольфрамовое оруденение локализуется в преобразованных магнезиальных и известковых скарнах, а в полиформационных – в известковых скарнах той и другой формаций. Известковые скарны обеих формаций замещаются кварц-полевошпатовыми и кварц-амфиболовыми метасоматитами с вольфрамовым (иногда с оловом и молибденом) оруденением. Среди месторождений магнезиально-скарновой формации выделены шеелитовые (Як-Арча, Каяз), сульфидно-олово-вольфрамовые (Майхура), сульфидно-молибден-вольфрамовые (Парз), золото-сульфидно-вольфрамовые, золото-вольфрамовые. Среди месторождений известково-скарновой формации известны шеелитовые (Пшарт), молибденит-шеелитовые (Чорух-Дайрон), сульфидно-вольфрамит-шеелитовые (Кабуты). Сульфидное и золото-сульфидное оруденение в вольфрамоносных скарнах образовалось в поздние стадии и сопровождается пропилизацией.

На Памире и Тянь-Шане изредка встречаются вольфрамито-кварцевые жилы, часто с касситеритом, сульфидами и штокверковые шеелито-кварцевые проявления (Кырк-Шейт). Грейзеновый тип вольфрамитовой минерализации не имеет значения.

В Тянь-Шане и на Памире имеются постпалеозойские месторождения и проявления, они охарактеризованы в разделе "Альпийско-Гималайский подвижный пояс".

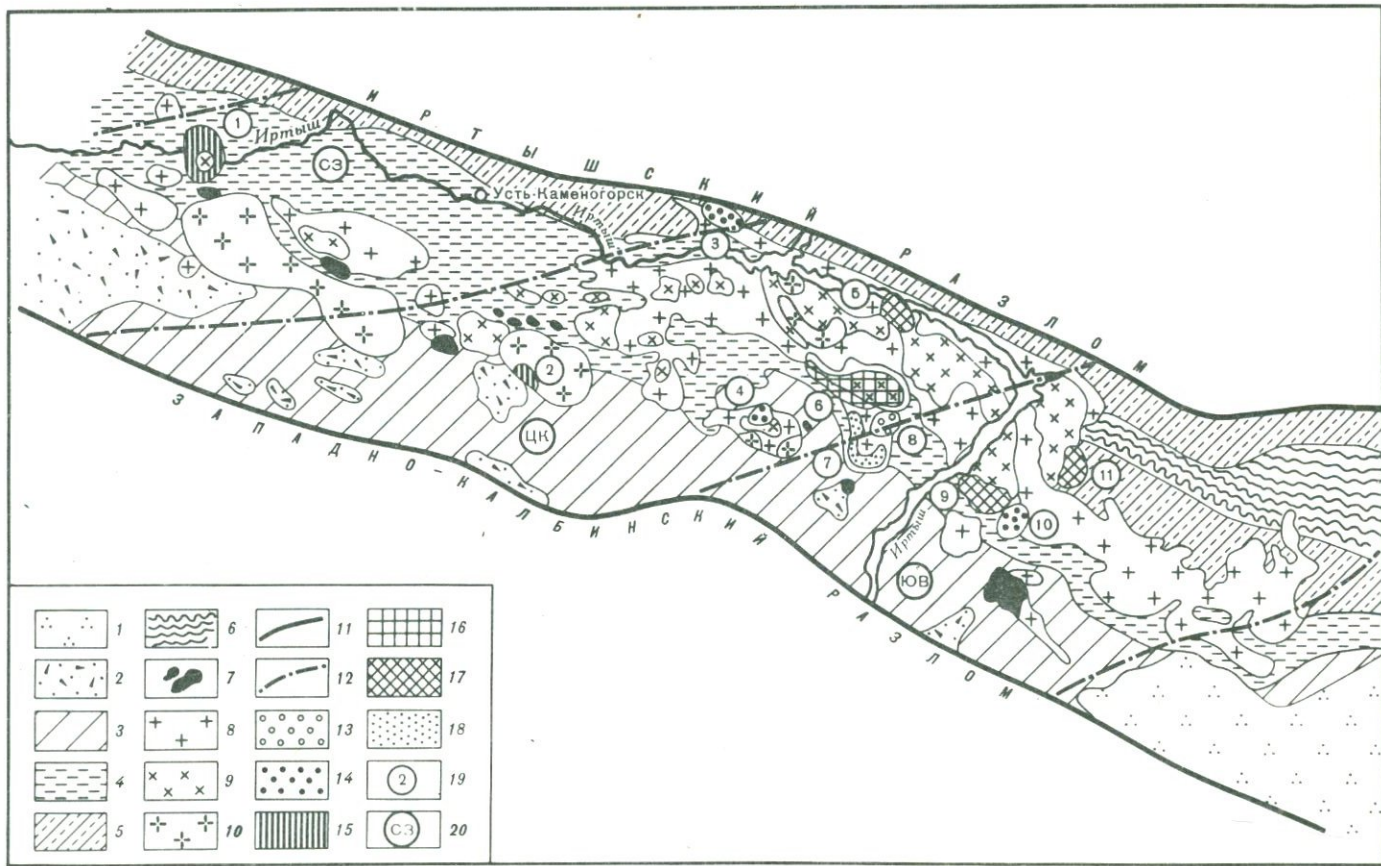
### *Иртышско-Зайсанская складчатая область*

В этой складчатой области имеется согласный вольфрамоворудный пояс в Калба-Нарымской структурно-формационной зоне (рис. 28). Эта зона являлась геосинклинальным прогибом до среднего карбона, когда здесь образовался межгорный прогиб. Фундамент сложен толщами PZ и PtE. Геосинклинальный режим унаследован с каледонского времени. С верхнего девона отлагались терригенные осадки (мощность 8000 м), часто флишеидные; они смяты в складки. Отложения C<sub>1</sub>—P в этой зоне, в отличие от прилегающих, залегают согласно, тесно связаны с геосинклинальными, представлены полнее, мощности их больше, много морских осадков. После намюра наступил орогенный этап. Отложения C<sub>1</sub>—C<sub>2</sub> (мощностью 1500 м), часто угленосные, параллельные, с прослоями песчано-карбонатных пород (песчаники туфогенные). На юго-востоке складчатой области они перекрыты континентальными угленосными отложениями C<sub>3</sub>, P и T (мощностью 2500 м). В верхнем карбоне морской режим сохранился лишь в осевой части геосинклинали.

В Калба-Нарымском синклинии имеется два многофазных интрузивных комплекса: змеиногорский — габбро-плагиогранитный (абс. возраст 350—330 млн. лет) и калбинский (гранодиориты, биотитовые и аляскитовые микроклиновые граниты). Калбинский pluton сформирован на глубинах 2,5—5 км (данные А.И.Гинзбурга и Г.А.Родионова). Он образован совокупностью пологих уплощенных тел, крупно- и среднезернистых биотитовых и двуслюдяных гранитов, расположенных, по данным В.В.Лопатникова и Б.А.Дьячкова, в три этажа, относящихся к трем фазам внедрения. По данным В.Ф.Кашеева и А.Р.Бутко, кислотность гранитов снижалась от фазы к фазе, с гранитами каждой фазы связаны дайки гранитов, пегматиты, аплиты и кварцевые жилы. В нижней перми вдоль разломов северо-восточного простирания, заложенных в фундаменте в начале развития герцинских геосинклиналей образовались пояса даек кислого, среднего и основного, иногда повышенной щелочности состава. Они секут и граниты плутона, и рудные жилы, и Иртышскую зону смятия, и прилегающие участки каледонид.

Вольфрамовое оруденение оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы формировалось в два этапа. Главное позднегерцинское оруденение, ассоциировано с гранитами калбинского комплекса, но только с теми, которые распространены в Калба-Нарымской зоне, в месте предшествующего максимального прогибания геосинклинали.

В северной и южной частях зоны локализованы оловянно-вольфрамовые месторождения (Каиндинские, Чердоаяк), в центральной части вольфрамовое оруденение ассоциирует с оловянным и обособлено от него: олово концентрируется в пегматитах, а вольфрам — в жилах кварца (месторождение Вольфрам). Южнее в кварцевых жилах одних месторождений содержится только касситерит (Чудское), в других — еще и вольфрамит (Карашское, Комсомольское), в третьих — только вольфрамит (Большевик, Фурмановское) или шеелит (Палатцы).



Продуктивность на вольфрам возрастает от ранних к поздним фазам калбинского комплекса. По данным ряда исследователей, порфиридные биотитовые граниты I фазы не сопровождаются оловянными месторождениями. Со среднезернистыми биотитовыми гранитами II фазы связано оловянно-вольфрамовое (вольфрамитовое) оруденение (Убинское, Каиндинское, Комсомольское, Карашское и др.). В гранитоидах повышенной основности оруденение касситерит-шеелитовое с турмалином (Ленинское, Буландинское, Козловское). С крупнозернистыми лейкократовыми гранитами III (монастырской фазы) ассоциируют вольфрамовые месторождения (Большевистское, Раздольненское, Себинское, Мохнатухинское).

Месторождения залегают в гранитах рудоносного плутона, либо в кровле (герциний этаж): оловянно-вольфрамовые Каиндинской группы — в богатых оловом отложениях аспидной формации ( $D_2-C_1$ ), а вольфрамовые — в эндоконтактах массива монастырских гранитов (самых поздних), прорывающих породы граувакковой формации ( $D_3-C_1$ ). Жилы пересекаются свитой субширотных даек (малые интрузии) диабазов.

Ряд авторов связывают часть вольфрамового оруденения с раннемезозойской ТМА герцинид. С гранитными массивами и дайками среднего и основного состава (порфириты) в калбинском синклиории (Западно-Калбинская зона) парагенетически связаны месторождения вольфрамо-оловянной формации серицито-кварцевой группы.

### *Горный Алтай и Западная Монголия*

В Горном Алтае В.П.Нехорошевым выделен молибден-вольфрамовый пояс. По К.Л.Волочковичу и А.Н.Леонтьеву, это — фрагмент Талицко-Монголо-Алтайской металлогенической зоны (длиной 800 км, шириной до 200 км), совпадающий с одноименным геосинклинальным поднятием — массивом каледонской консолидации среди герцинид, ограниченным шовными разломами. Поднятие разграничивает каледонскую Алтае-Саянскую и герциническую Казахстанскую складчатые области, являясь и зоной ранней консолидации в герцинской складчатой системе. Его слагают метаморфизо-

Рис. 28. Положение вольфрамоносных площадей в Калба-Нарымской зоне, по Б.А. Дьячкову

1 — рыхлые отложения MZ-KZ возраста. Осадочные формации PZ; 2 — моласовая ( $C_{1V}-C_2$ ); 3 — терригенные граувакковая и флишоидная ( $C_1$ ); 4 — терригенная аспидная ( $D_3?$ ); 5 — карбонатно-терригенная ( $D_2$ ); 6 — интенсивно метаморфизованные отложения PZ. Интрузивные образования: 7 — плагиограниты и гранодиориты кунушского комплекса; 8-10 — гранитоиды калбинского комплекса; 8 — порфиридные граниты и гранодиориты I фазы; 9 — мелко- и среднезернистые равномернозернистые граниты II фазы; 10 — крупнозернистые микроклиновые граниты III фазы ("монастырский" тип). Глубинные разломы: 11 — крайние, ограничивающие тектонические зоны и подзоны; 12 — поперечные субширотные. Вольфрамоносные площади: 13 — грейзеновые с шеелитом; 14 — грейзеновые с касситеритом и шеелитом; 15-17 — гидротермальные (кварцевожилые) оловянно-вольфрамовые: 15 — касситерит-вольфрамитовые, 16 — касситерит-гюбнеритовые, 17 — касситерит-шеелитовые; 18 — гидротермальные (кварцевожилые) турмалин-ферберитовые; 19 — рудоносные площади (цифры в кружках): 1 — Убино-Каиндинская, 2 — Кировская, 3 — Гремячинская, 4 — Козловская, 5 — Мокропогореловская, 6 — Комсомольско-Карашская, 7 — Миролобовская, 8 — Палатинская, 9 — Осиново-Ленинская, 10 — Чердожская, 11 — Буландинско-Чибундинская; 20 — блоки (буквы в кружках): CZ — Северо-Западный, ЦК — Центрально-Калбинский, ЮВ — Юго-Восточный

ванные вулканогенно-терригенные геосинклинальные формации (синий) (?) — нижний ордовик (тремадок) и вулканогенные и грубообломочные эпиконтинентальные отложения орогенного этажа ( $O_2-C_1$ ) (рис. 29). Алтайская геосинклинальная система отличалась неполным циклом развития, магматические (особенно вулканические) проявления осадочно-офиолитового комплекса здесь сокращены, распространены терригенные формации и интрузивы гранитоидов.

Строение поднятия мозаичное. Имеются диагональные, различающиеся по геосинклинальному режиму, но имеющие общий план орогенного развития, структурные элементы: Чарышский синклинорий, Талицкий и Теректинский антиклинории, герцинская складчатая зона Монгольского Алтая и часть Кобдосско-Баяндурского срединного поднятия, Бурчумский и Верхне-Иртышский антиклинории. Главное рудообразование связано с плутонами наиболее кислых гранитоидов ( $C_3-P$ ) и совпало во времени с замыканием соседних геосинклиналей [19].

На Юго-Востоке Горного Алтая Л.А. Михалевой и В.И. Сотниковым выделяются три металлогенические зоны, соответствующие структурно-формационным зонам. На северо-востоке расположена Телецкая зона (каледониды). Ее металлогенический профиль обусловлен каледонским оруденением, связанным с гранитоидами Кубадринского комплекса, — редкоземельных пегматов, вольфрам-молибденовой формации. Южнее находится структурно-металлогеническая зона, являющаяся продолжением Ануйско-Чуйской. Она включает Баратальский горст — юго-восточное продолжение Бийско-Катунской структурно-формационной и металлогенической зоны, в котором имеются месторождения, связанные с массивами позднегерцинских гранитов Юстыдского района и редкометальные рудопроявления.

Еще южнее расположена Южно-Чуйская структурно-металлогеническая зона с каледонскими и герцинскими рудопроявлениями и месторождениями. С каледонскими гранитоидными интрузивами — аналогами Кубадринского и Шапшалского комплексов — связаны редкометальные пегматиты. Главные структуры каледонские, но распространен эффузивный (D) и позднегерцинский интрузивный (калбинского типа) комплексы. Последний сопровождается месторождениями молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы — жильными вольфрамитовыми и штокверковыми шеелитовыми, богатыми сульфидами.

По В.К. Денисенко, самый поздний гранитоидный магматизм представлен белокурухинским, кольванским и синюшинским орогенными комплексами (каждый от биотитовых гранитов и гранодиоритов до аляскитов). Месторождения относятся к редкометальной формации пегматитовой группы, молибден-вольфрамовой формации грейзеновой, реже скарновой и гумбеитовой групп, связанные с самым молодым позднегерцинским многофазным гранитным комплексом.

На границе с Рудным Алтаем (герциниды) имеются Кольванское, Ново-Кольванское, Белорецкое месторождения вольфрама, связанные с плутонами гранитоидов ( $C_1$ ), внедрившимися после замыкания геосинклиналей. Плутоны Кольванский, Белоубинский, Тигирекский, Убино-Белореченский, Савушинский расположены вдоль Локтевской зоны разломов, на границе Чарышского синклинального прогиба с Белоубинским и Быструшин-

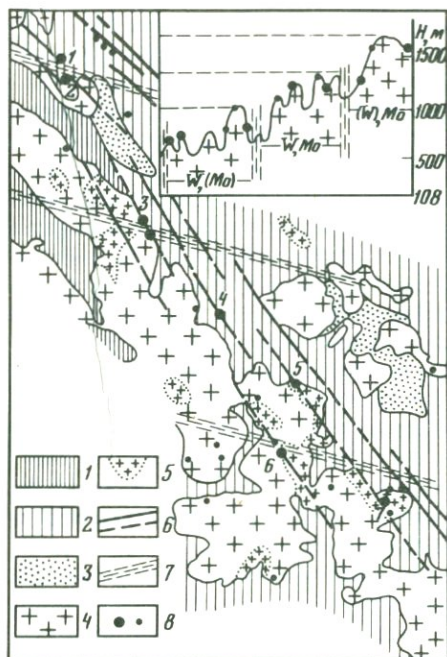


Рис. 29. Размещение вольфрамовой минерализации в районе Галицкого гранитного массива [19]

1, 2 – зоны, сложенные формациями пород эвгеосинклинали (1) и миогеосинклинали (2) типов; 3 – приразломные вулканогенно-терригенные прогибы и наложенные впадины; 4 – биотитовые крупно- и среднезернистые граниты; 5 – мелкозернистые лейкократовые и аляскитовые граниты; 6 – установленные и предполагаемые рудоконтролирующие нарушения; 7 – предполагаемые зоны, контролируемые размещение тел поздних мелкозернистых гранитов; 8 – вольфрамовые и молибденовые месторождения и рудопроявления: 1 – Казанцевское, 2 – Верхне-Слюдянское, 3 – Мульчихинское, 4 – Токаревское, 5 – Казандинское, 6 – Галицкое, 7 – Каракольское

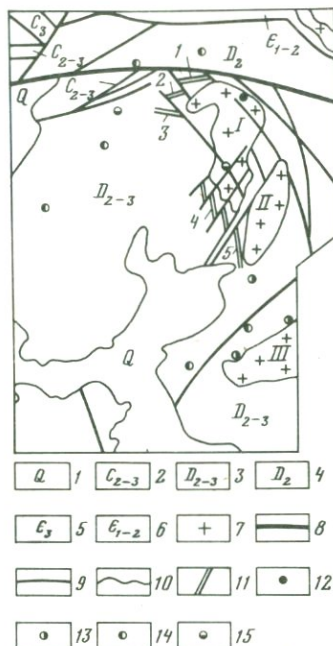


Рис. 30. Размещение эндогенных рудопроявлений в Юстыдском прогибе, по Н.Н. Амшинскому и А.А. Долгушиной

1 – четвертичные отложения; 2 – песчаники, алевролиты, конгломераты с углстыми прослоями; 3 – песчаники, алевролиты (часто известковистые), сланцы; 4 – песчаники, алевролиты; 5 – метаморфизованные флишоидные отложения; 6 – вулканогенно-терригенные и карбонатные отложения; 7 – порфировидные биотитовые граниты юстыдского комплекса (P); 8 – региональные разломы; 9 – разломы оперяющие; 10 – геологические границы; 11 – медно-висмут-кобальто-вольфрамоносные зоны. Металлы: 12 – Mo, 13 – W, 14 – Zn, Pb, 15 – Cu; гранитные массивы: I – Тоштузекский, II – Барбургазинский, III – Юстыдский; рудные участки: 1 – Тоштузекский, 2 – Водораздельный, 3 – Оленджуларский, 4 – Куру-Узекский, 5 – Каракульский

ским синклинали Рудного Алтая. Они прорывают породы каледонского геосинклинали и гранитоиды (D).

Кольванский массив приурочен к Суеткинской антиклинали, расположенной в Чарышском синклинали прогибе, наложенном на антиклинорий, заполненном терригенно-карбонатными, карбонатными и пестроцветными формациями (O и S), живета,  $C_1$ , вулканитами эйфеля, в основании

его залегают геосинклинальные формации (Е — О). В ядре антиклинали обнажен каледонский геосинклинальный, а на крыльях — каледонский орогенный этаж ( $O_{2-3}$ ).

Кольванское висмут-медно-вольфрамовое месторождение грейзеновой группы формаций приурочено к гранодиоритам одноименного массива. В районе доминируют интрузивные породы (гранодиориты, кварцевые диориты, граниты двух возрастов) и хлорит-эпидот-глинисто-кварцевые сланцы, возникшие по филлитам, с прослоями граувакковых песчаников и мраморизованных известняков (Е—S). Местами обнажены вулканиты и глинисто-кремнистые сланцы (D). Имеются дайки диабазов, кварцевых порфириров. Ново-Кольванское месторождение находится среди сланцев и известняков вблизи контакта с гранитным массивом.

Белорецкое вольфрам-молибденовое месторождение расположено в одноименном герцинском гранитном массиве, прорывающем известняки. На контакте имеется залежь шеелитоносных гранат-везувиановых скарнов и рудные жилы.

Юго-Восточный рудный узел в Укокской антиклинальной зоне включает Калгутинское, Чиндогатуйское, Коккульское и Мокуртайское рудопроявления ( $PZ_3$ ) молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы. Несколько рудопроявлений связаны с гранитоидами Рахмановского и Караалахинского массивов (D<sup>?</sup>). К.Л.Волочкович выделяет следующие типы рудоконтролирующих структур: а) зоны повышенной проницаемости, трассируемые выходами девонских субвулканических и эффузивных кварцевых порфириров (районы Коккульского, Калгутинского, Урзарсайского рудопроявлений); б) периклинальные замыкания смежных антиклиналей, сопровождаемых поперечными дисгармоничными складками и разрывами вдоль контуров периклиналей, по которым подавались эффузивы (D) (Мокуртайское, Чиндогатуйское, Урзарсайское рудопроявления); в) меньшего значения разломы — в крыльях антиклиналей (Караалахинское и Озерное рудопроявления).

Калгутинское месторождение связано с плутоном гранитоидов ( $P_2$ ), приуроченным к поднятию, осложняющему приразломную наложенную впадину в ядре Талицко-Монгольского поднятия, и прорывающим покров кварцевых порфириров (D<sub>3</sub>?) орогенного этажа. Месторождение Кок-Куль приурочено к апофизе Орочаганского массива гранитов, внедрившегося в ядро антиклинали, сложенной эффузивно-осадочной толщей каледонского геосинклинального этажа (O), и к его экзоконтакту.

В том же Талицко-Монголо-Алтайском поднятии, вблизи зоны разлома обнаружены штокверковые шеелитовые месторождения молибден-вольфрамовой формации гумбеитовой группы — Токаревское, Казачинское и Урзарсай. Оруденение приурочено к зеленосланцевой формации геосинклинального этажа (S), связано с гранитоидным комплексом  $PZ_3$  (по Ж.Д.Никольской) или D (по К.Л.Волочковичу и А.Н.Леонтьеву).

В Юстыдском прогибе (Юго-Восточный Алтай) находится (рис. 30) ряд кобальт-вольфрамовых месторождений (Каракульское, Оленджуларское, Куруузекское, Тоштузекское) гумбеитовой группы формаций, представленных зонами прожилково-вкрашенного оруденения в зонах брекчирования, минерализованных минералами кобальта, меди, висмута (по Н.Н.Амшинскому, В.К.Денисенко и др.). Зоны расположены в контактовом

ореоле позднегерцинских гранитных массивов среди ороговикованных Са-содержащих песчано-сланцевых отложений черносланцевой и флишиоидной формаций герцинского геосинклинального этажа ( $D_2/D_3$ ). Они приурочены к регенерированным прогибам вдоль зон сопряжения раннепалеозойских мио- и эвгеосинклинальных зон [19]. В гранито-гнейсовых толщах (PR) Мунгун-Тайгинского выступа фундамента расположены Бугузунское вольфрамитовое месторождение грейзеновой группы формаций, связанное с гранитами Булжукемского массива (O), сформированное, возможно, в этап ТМА, а также сульфидно-шеелитовое скарновое стратиформное рудопроявление Кочкарлу.

В осадочно-вулканогенной толще ( $E_1$ ) каледонского геосинклинального этажа залегает месторождение Аккаялу-Озек – вторичные кварциты с W-содержащими железо-марганцевыми рудами. В отложениях более верхних отделов того же геосинклинального этажа залегают месторождения молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы Кок-Куль (в вулканогенно-осадочной толще O), Нурингольское, Сагсайское, Барлагингольское (в отложениях  $E_3-O$ ).

На юго-восточном продолжении Талицко-Монголо-Алтайской редкометальной зоны расположена каледонская Западно-Монгольская металлогеническая провинция, соответствующая Монголо-Алтайской структурно-формационной зоне и наложенному девонскому Делюно-Сагсайскому регенерированному прогибу. В ней имеются редкие проявления молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы – малосульфидные (Нурингольское) и Барлагингольское с шеелитом и бериллом. Оруденение связано с интрузией гранит-гранодиоритовой формации алтайского комплекса ( $D_3$ ), приурочено к контакту массива гранитов с песчано-алевролитовыми отложениями (O). Единичные проявления молибден-вольфрамовой формации скарновой группы в Западном Прихубсугулье, приурочены к толщам метаморфических и карбонатных пород (PR<sub>3</sub>) в Тувино-Монгольском массиве (PR) и ассоциируют с интрузиями лейкократовых и субщелочных гранитов тэсского комплекса ( $D_{1-2}$ ), залегают и в гранитах. Нурингольское месторождение залегает в меридиональной зоне разлома в толще песчаников, алевролитов и сланцев ( $E_3-O_1$ ) в 10 км от выходов гранитов ( $D_3$ ), Сагсайское – в одноименном гранодиорит-гранитном плутоне (P?), залегающем среди песчано-сланцевых отложений каледонского геосинклинального ( $E_3-O_1$ ), а местами – среди вулканитов каледонского орогенного этажа ( $D_{1-2}$ ).

В Западном Забайкалье имеется ряд верхнепалеозойских вулканоплутоногенных месторождений молибден-вольфрамовой формации (Малый Ойногор, Харитоновское, Жарчихинское и др.), возникших во время ТМА, связанных с развитием соседней (на территории МНР) герцинской геосинклинальной области. Они залегают в каледонском геосинклинальном этаже.

## Тихоокеанский подвижный пояс (северо-западный сектор)

На этой территории вольфрамовое оруденение выявлено в основном в областях мезо- и кайнозойской складчатости и ТМА древних платформ и геосинклинально-складчатых систем, обрамляющих Тихий океан (см. рис. 25).

### Области мезозойский ТМА

*Алданский щит. Джугджуро–Становая область.* Во время мезозойской ТМА Востока Азии вольфрамовое оруденение различных формаций, их групп и ассоциаций проявилось, судя по работам Л.И. Красного, В.С. Когена и А.Л. Ставцева (1972 г. и др.), вдоль южной границы Алданского щита (частично в нем самом), в меньшей мере – в Южно-Верхоянской складчатой системе и по границе Джугджуро-Становой области с Монголо-Охотской складчатой областью и Охотско-Чукотским вулканическим поясом. Скарновые месторождения имеются во всех регионах, кроме последнего. Они приурочены к различным этажам. На Алданском щите в районе хр. Кет-Кап (басс. р. Юна) они приурочены к контактам гранитоидов алданского комплекса (MZ) с доломитами юдомской свиты и в гнейсах и мраморах байкальского складчатого комплекса ( $\epsilon_1$ ).

В Джугджуро-Становой области с гранитами связана минерализация грейзеновой группы формации (реки Мугикта, Улкан). Месторождения полиметаллически-вольфрамовой формации скарновой группы приурочены к контакту гранодиоритов ( $I_3-K_1$ ) с мраморами (AR и  $PR_1$  (?)). Вдоль северной границы области имеются редкие проявления молибден-вольфрамовой формации грейзеновой (?) группы и, как и вдоль границы этой зоны с Монголо-Охотской складчатой областью, проявления вольфрамовой формации. Жильные проявления этой формации располагаются западнее р. Алгамы, а проявления скарновой группы формаций – восточнее (рис. 31.).

Некоторые жильные проявления в Становом хребте, на территории которого в юре-антропогене находилось Становое поднятие, относятся к вольфрамовой формации березитовой группы вулканоплутонической (?) ассоциации, они контролируются гипабиссальными дайками и штоками ( $K_1$ ), залегающими в древних метаморфических породах и углисто-глинистых сланцах (J) (р. Средняя Ларба), По рекам Даурка и Этанджа среди пород AR, гранодиоритов (MZ) и вулканогенных образований (K) имеются проявления молибден-вольфрамовой ("молибден-порфиоровой" (?)) формации.

По границе Алданского щита с Джугджуро-Становой областью и последней с Монголо-Охотской складчатой областью (в Становом хребте) расположено и несколько ртутно-мышьяково-вольфрамовых проявлений (вулканическая ассоциация) – в бассейне р. Мугикта и Средняя Ларба, а местами и в зонах субширотных разломов и в местах их пересечения диагональными. Они ассоциируют с различными по составу интрузиями и вулканитами MZ, но возможно связаны с кайнозойским магматизмом. В верховьях р. Гонам (Становой хребет), в бассейнах рек Нюкжа и Ольдой в хр. Джугджур (истоки р. Зея) в зонах метасоматических кварцитов

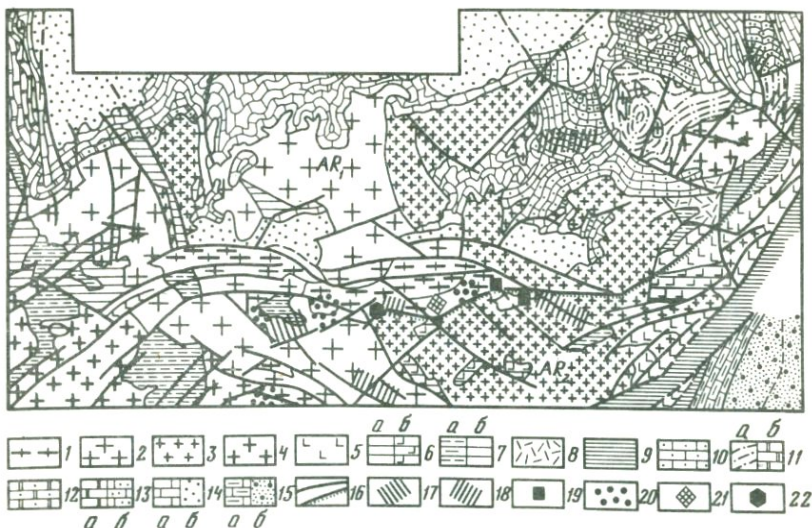


Рис. 31. Размещение вольфрамовой минерализации в юго-восточном обрамлении Сибирской платформы. С использованием материалов Л.И. Красного, В.С. Когена и А.Л. Ставцева, 1972 г. Основа – по тектонической карте Алданского щита, 1978 г.

1 – вулканогенная формация неустановленной природы, катархей ( $AR_0$ , свыше 3500 млн. л.); 2 – магматическая, терригенная и терригенно-вулканогенная формации ( $AR_1$ , 3500–3000 млн. л.), 3 – терригенно-вулканогенная и терригенная формации ( $AR_2$ , 3000–2600 млн. л.); 4 – вулканогенная и терригенная формации ( $AR_1$  – свыше 2600 млн. л.); 5 – анортзитовая и другие формации ( $AR$  и  $PR_1$  – свыше 1900 млн. л.); 6 – вулканогенно-осадочная и другие формации (а) и габбровая формация (б) ( $PR_1$ , 2600–1900 млн. л.); 7 – гранит-плагитогранитная (а) и габбровая (б) формации ( $PR_{1+2}$ , 2600–1600 млн. л.); 8 – липаритовая, липарит-дацитовая и другие формации ( $PR_2$ , 1900–1600 млн. л.); 9 – неустановленная формация ( $PR_3$ , 1350–680 млн. л.); 10 – терригенно-карбонатная формация ( $PR_3^2$ , 1600–1350 млн. л.); 11 – терригенная (а) и терригенно-карбонатная (б) формации ( $PR_3^1$ , 1350–950 млн. л.); 12 – терригенно-карбонатная формация ( $PR_3^{2+3}$ , 1350–680 млн. л.); 13 – карбонатная (а) и терригенно-карбонатная (б) формации ( $PR_3^3$ , 950–680 млн. л.); 14 – карбонатная (а) и неустановленная (б) формации ( $PR_3^4$ , 680–570 млн. л.); 15 – терригенно-карбонатная (а) и неустановленная (б) формации ( $PR_3^5$ – $PZ_1$ , 950 млн. л. и менее).

Площади развития: 1 – шеелитоносных скарнов; 2 – кварц-вольфрамитовых и кварц-вольфрамит-касситеритовых штоковерков; 3 – шеелитоносных жил; 4 – участки распространения кварц-молибденит-шеелитовых жил и штоковерковых зон; 5 – молибденит-халькопирит-кварцевые штоковерки с шеелитом и вольфрамитом рудопроявления; 6 – участки распространения жил хальцедонового кварца с вольфрамитом и шеелитом; 7 – зоны метасоматических кварцитов с шеелитом рудопроявления; 8 – шеелитоносные гнейсы и мраморы рудопроявления

в экзоконтактах гранодиоритовых тел среди окварцованных и эпидотизированных амфиболитов ( $AR$ ) установлена вкрапленная шеелитовая минерализация.

Формационное разнообразие типов вольфрамового оруденения, наличие вулcano-плутонической и вулканической ассоциации свидетельствует о многократном (полициклическом) проявлении тектоно-магматической активизации территории, прилегающей к южной границе Сибирской платформы. Изложенное позволяет провести некоторую аналогию между областью мезо-кайнозойской ТМА вдоль юго-восточной границы Сибирской

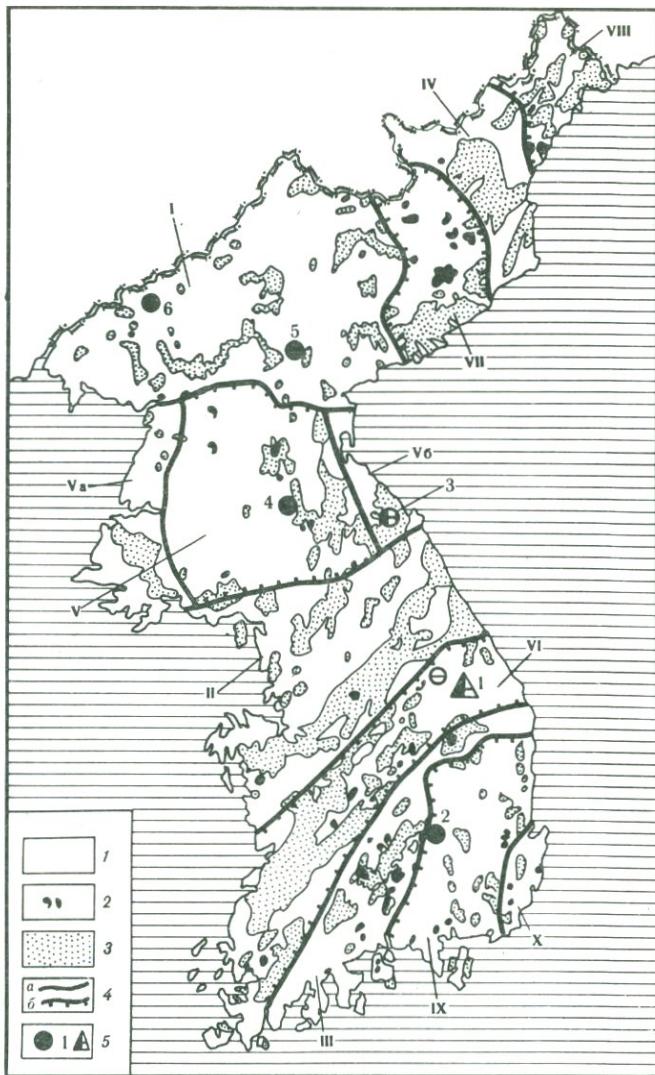


Рис. 32. Размещение месторождений вольфрама на территории Кореи. Тектоническая основа по "Геологии Кореи", 1964 г. с дополнениями по К.Б. Ильину, Б.С. Розову и др.

1 - породы кровли; 2, 3 - интрузивы: позднепалеозойские (2) раннемезозойские (3); 4 - границы структурных зон; 1 - Сино-Корейский щит. Массивы архейских сооружений: I - Наннимский, II - Кёнги, III - Собэк. Массивы протерозойских сооружений: IV - Кванмо. Прогибы. Синийско-протерозойские: V - Пхённамский с выступами фундамента Va и Vb, VI - Окчхонский, протерозойский; VII - Хесан-Ивонский, верхнепалеозойский; VIII - Туманганский Сихотэ-Алинской геосинклинали; IX - юрский краевой предгорный Цусимский прогиб, X - кайнозойский прогиб; 5 - Месторождения вольфрама (a - жильные, б - скарновые): 1 - Санг-Донг, 2 - Талсон, 3 - Кимган, 4 - Маннен, 5 - Кенсу, 6 - Чхон-Чхон, 7 - Санг-Джеон

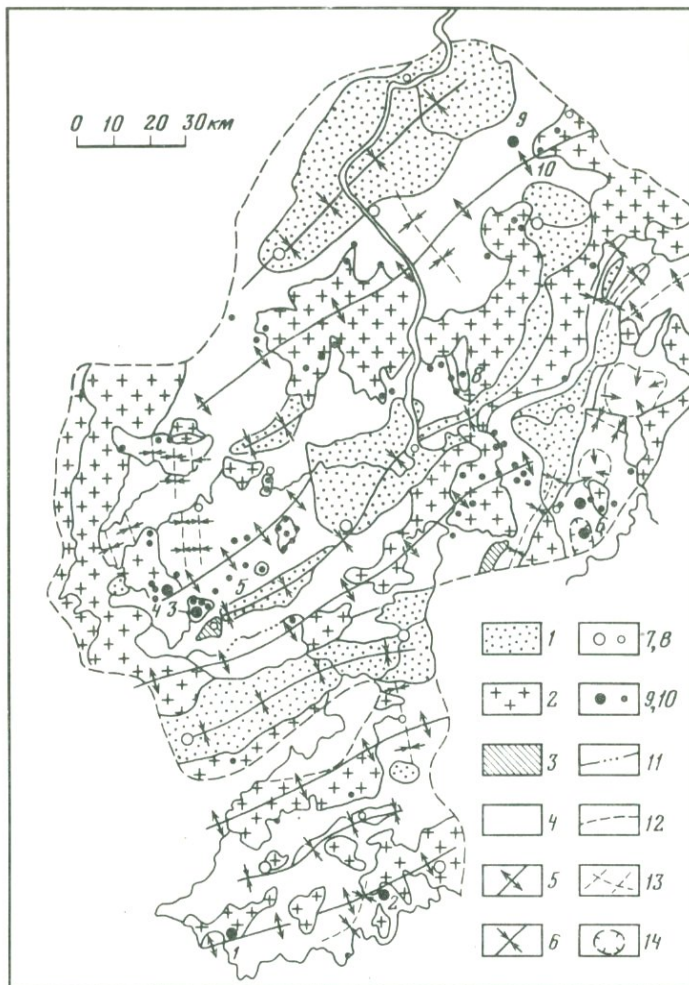


Рис. 33. Размещение вольфрамовых месторождений в провинции Южная Цзянси [147], с упрощением. А — положение провинции на континенте

1 — меловые и раннетретичные красноцветные отложения (континентальные, слегка смятые в складки или наклонены); 2 — пострэт-лейасовые и домеловые граниты; 3 — гранито-гнейсы (раннемезозойские?); 4 — осадочные породы (синийские до триасовых, интенсивно смяты и разбиты разломами); 5 — оси главных антиклинорий (позднеюрских); 6 — оси главных синклинорий (позднеюрских); 7—8 — города, крупные (7) и мелкие (8); 9, 10 — месторождения вольфрама крупные (9) и мелкие (10); 11 — границы провинций; 12 — границы геологической карты; 13 — оси доюрских синклиналей, в осевых частях залегают осадочные породы — от девонских до юрских; 14 — структурные бассейны с осадочными породами (D—P), погружающимися к центру.

Месторождения (оловянно-вольфрамовая формация грейзеновой группы): 1 — Тахишань, 2 — Квеймейшань, 3 — Сихуашань, 4 — Хуньшуйчай, 5 — Пяотань, 6 — Панкушань, 7 — Шанпинь, 8 — Пеших, 9 — Сяолунь, 10 — Фуцзешань

## Вольфрамоносные геотектонические структуры Северо- и Южно-Китайской платформ

Структурные позиции вольфрамоносных площадей	Типы рудных провинций, их названия	Магматические ассоциации, комплексы, породы (в скобках — возраст)	Вмещающие породы, их возраст, структурный этаж	Рудные формации, их группы	Типы рудных тел	Минеральные ассоциации	Месторождения
Северо-Китайская платформа (фундамент байкальский), область мезозойской ТМА							
Окчонский авлакоген на Сино-Корейском щите	Карбонатно-терригенный	Плутоническая (?) гранитный (MZ?)	Роговики, карбонатные породы (Є) чехла	Молибден-вольфрамовая скарнозная	Залежи скарнов послойные Жилы кварца	Ди, Гр, Амф, Би, Хл, Мош Кв, Мош, Ш, Кв, Вт	Санг-Донг (Южная Корея)
Южно-Китайская платформа, Нанлинский подвижный пояс области мезозойской ТМА (фундамент досинийский)							
Антеклиза Цзяннаня	Карбонатный	Вулканическая (?) Позднеяньшаньский (?) (116–85 млн. лет) диориты	Кристаллические сланцы (PtЄ), фундамент	Ргутно-сурьмяно-вольфрамовая серицитокварцевая	Оруденелые зоны дробления, жилы кварца с кальцитом	Кв, Ш, Кц, П, Ам, Ап, Вт, Кр, З	Усин, Сиуан, Таоань, Тинцзуси, Лендяси (КНР)
?	Карбонатный, Район Хунань	?	Серицитовые фиделиты (синий) фундамент	Золото-сурьмяно-вольфрамовая	Стратиформная минерализация, секущие тела	Ш, Ам	Вокси (КНР)
Борта эпиplatformенной впадины	Карбонатный. Район Гедзю Карбонатный Район Хунань	Плутоническая. Гранитный, биотитовые γ, лейкократовые γ, mz, d, γd (100 и 70 млн. лет)	Известняки (D, T <sub>2</sub> ), частью доломитизированные, чехла	Оловянно-вольфрамовая скарнозная	Залежи скарнов послойные, частью контактовые, жилы кварца	Пк, Гр, обильные Сд (Пр, П), (Хп, Гл), Ап	Кафан, Лаочан, Малагэ (КНР) Суншунцзяо, Чен-Чан, Илю, Сянхуалин (КНР)
	Граница карбонатного и терригенного (район Южный Цзянси)			То же, грейзеновая (?), серицитокварцевая	То же Жилы турмалинокварцевые	То же Кв, Ту, Вт, К, Ап, Фл, Ш, минералы Бе	Яогансань (КНР)
Тот же подвижный пояс, области мезозойской ТМА эпикаледонской платформы (додевонский)							
?	Терригенный. Район Южного Цзянси	?	Метаморфические породы по вулканогенно-осадочной серии С <sub>1</sub> (андалузитовые роговики, кварциты, песчаники, пелиты)		Стратиформная минерализация, секущие жилы Q	Вт, Т, Q	Айшань (КНР)
Поднятие в эпиplatformенном прогибе	Терригенный. Район Южного Цзянси	Плутоническая. Гранитный. γ (190–150 млн. лет, раннеяньшаньские или 168–140 млнл)	Аргиллиты, песчаники PZ и PZ <sub>2</sub> , граниты каледонские и раннеяньшаньские. Фундамент	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Му, Вт, К, Кпш	Сихуашань, Тадзишань, Хуншуйчай, Гуймейшань, Панкушань, Шанпин (Южный Цзянси)
Антиклинорий Катазия	Порфиоровый Субаэральный вулканический пояс (андезитриолитовый)	Плутоническая, Гранитный. Раннеяньшаньский (J <sub>2-3</sub> или К) (168–140 млн. лет)	Граниты лейкократовые яньшаньские (J), эффузивы	Пегматит-аплитовая Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы ? Жилы кварца, зоны грейзенов	Вт, минералы и Вы, Вт, К	Ханьнинь (КНР, Гуандун) Ниддл Хиллс и др. (Гуандун)
Юрский прогиб, осложняющий антиклинорий Катазия	То же	Плутоническая (?) Позднеяньшаньский 116–85 млн. лет (J, К)	Песчаники, сланцы угленосные (J <sub>1</sub> ); жильные диоритовые порфиры, кварцевые порфиры, аплиты, лампрофиры	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая и серицитокварцевая (вольфрам-порфиоровая)	Зоны грейзенов Штокверки прожилков, вкрапленность в порфиоровых телах и роговиках	Кв, Му, Т, Анд, Вт Кв, Фб, Ш, обильные Пр, П, Ап	Ляньхуашань (Гуандун)

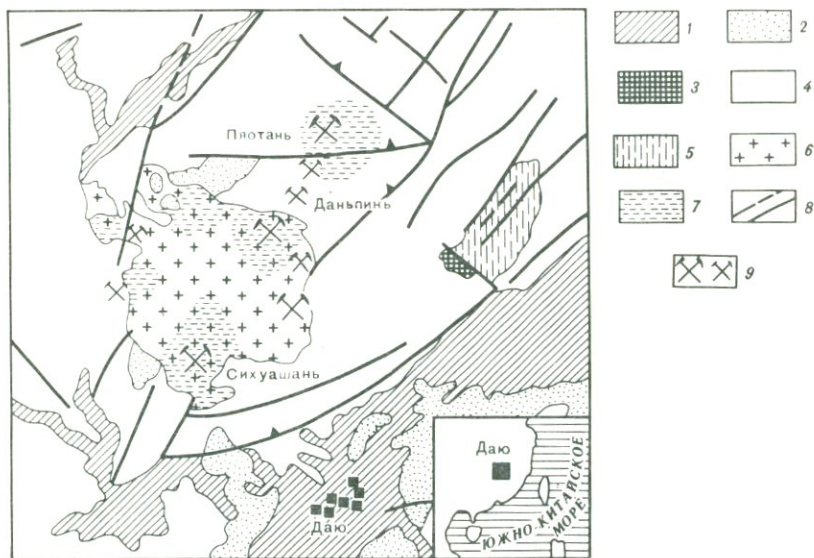


Рис. 34. Геологическое положение месторождений вольфрама области Даю, КНР [195]

1 – четвертичные отложения (аллювий); 2 – девон (кварцевые песчаники, аркозы, доломитовые известняки); 3 – ордовик–силур (кремнистые кристаллические сланцы с кварцевыми нодулями); 5 – синий (сланцы и песчаники, роговики); 6 – биотитовые граниты (I); 7 – минерализованные жилы; 8 – разломы; 9 – месторождения

платформы и кайнозойской ТМА вдоль западной границы Северо-Американской платформы.

*Северо- и Южно-Китайская платформы.* Фундамент этих древних платформ моложе фундамента других платформ лавразийской группы: Северо-Китайской или Южно-Корейской – AR–PR, Южно-Китайской или Янцзы и Таримской – PR<sub>3</sub>, а именно 0,7–0,8 млрд. лет.

На Северо-Китайской платформе приподнятые блоки сложены породами AR и PR, опущенные – отложениями синия–протерозоя или, в предгорных прогибах, еще более молодыми. Распространены герцинские и раннемезозойские гранитные интрузивы, с которыми связаны месторождения молибден-вольфрамовой формации грейзеновой, реже скарновой групп (табл. 5, рис. 32). Они встречаются в поднятиях, в древних породах, включая архейские, и в прогибах, в том числе юрском предгорном, образовались в мезозое в процессе ТМА. Так, в Огчхонском авлакогене, расположенном на Сино-Корейском щите, а по М.В. Муратову на границе последнего, находится месторождение Санг-Донг молибден-вольфрамовой формации – одно из крупнейших в мире. В районе метаосадоочные породы чехла платформы смяты в синклиналь и прорваны гранит-порфирами K<sub>2</sub> [65, 132 и др.].

Рудное поле сложено породами чехла – кварцевыми роговиками с прослоями мраморов, песчаников, филлитов, сланцев E<sub>2-3</sub>, вблизи

их контакта с перекрывающимися породами (0). Оруденение считают постагматическим — скарновым или грейзеновым, связанным с гипотетическим яньшаньским плутоном гранитов [9, 65], но по изотопным данным корейских геологов минерализация не связана с гранитами близрасположенного мезозойского плутона. По другим представлениям, оруденение вулканогенно-осадочно-метаморфогенное, что сомнительно, поскольку в рудном поле проявлена четкая локальная метасоматическая зональность, ярко выражена обычная для полиформационных постагматических месторождений этапность и стадийность.

В месторождении Санг-Джеон, находящемся в докембрийском метаморфическом поясе того же щита (рис. 32), кварцеворудная жила залегает в теле пегматита, а последнее — в контакте гранитогнейсов и роговообманковых сланцев  $Pt \in$ , вдали от интрузивов, в ассоциации с вулканитами орогенного этажа (MZ). Она пересечена дайками андезита.

На том же щите в Пхеннамском прогибе, наложенном на архейский структурный комплекс, заполненном толщей пород PZ и MZ и разбитом региональным разломами, возникшими или оживленными во время ТМА (MZ), образовались жильные вольфрамитовые месторождения, богатые сульфидами, — в экзоконтакте тел гранитоидов среди гранито-гнейсов и метаморфических сланцев AR и  $PR_1$  (Маннён) и частично в эндоконтакте гранитоидов (Кенсу). Оруденение парагенетически связано с трещинными интрузивами Тончхонского комплекса габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации (абс. возраст 164–136 млн. лет), приуроченными к субмеридиональному разлому [62, 63, 74].

Крупнейшая в мире вольфраморудная провинция находится на Южно-Китайской древней платформе, по Е.Е. Милановскому — метаплатформе, и, главным образом, на прилегающей к ее юго-восточной границе молодой платформе — эпикаледонской или эпигерцинской. Территория подразделяется на крупные структуры, субпараллельные побережью Южно-Китайского моря (с северо-запада на юго-восток): Цзяннанию — антеклизе (или щит?) древней платформы, сложенную осадочными породами синийского комплекса фундамента, и Катазиатскую эпикаледонскую платформу с зонами Нанлинь и Прибрежной. По границе зон кайнозойской и более древней складчатости распространены кислые вулканиты орогенного этажа (MZ—KZ) Охотско-Катазиатского вулканического пояса.

В антеклизе Цзяннания, в протерозойском структурном комплексе фундамента, подвергшемся каледонской, яньшаньской и постяньшаньской активизации, расположены рудные зоны, включающие жильные месторождения шеелита, переходные между сурьмяно-, золото-вольфрамовой и ртутно-сурьмяной формациями аргиллизитовой (или серицит-кварцевой?) групп (табл. 5). Протяженность северной зоны (месторождения Усин, Тинцзуси и Лендяси) около 30, а южной зоны — более 15 км [86]. Сходная минерализация той же формации, но стратиформная, известна в серицитовых филлитах синие в провинции Хунань — месторождение Вокси с высокими содержаниями Sb, Au, W, Bi, Cu, Be [195].

В зоне Нанлинь самые древние — слабо метаморфизованные синийские флишоидные породы (кварцево-сланцевые кристаллические сланцы, переслаивающиеся с песчаниками, филлитами, слюдяными сланцами). Они несогласно перекрыты отложениями  $PZ_1$  (песчаники, конгломераты,

кварциты, филлиты, редко известняки, в основном — кембрий). К ордовику — силуру относятся терригенные породы. В силуре породы смяты в меридиональные складки, вдоль их осей внедрилась гранитная магма. Девон представлен терригенно-карбонатной толщей. С этого времени существовали восточный и западный блоки с разной тенденцией вертикальных движений, сохранившихся и в МЗ. С  $D_3$  по  $C_1$  в восточном блоке, не перекрытом палеозойским осадочным чехлом (местами он имеется), накапливались континентальные отложения. В западном блоке (перекрыт чехлом отложений D—T) отложения мелководные морские. В районе г. Даю имеется континентальная серия карбона с конгломератами, алевролитами углистыми сланцами и горизонтами угля. От среднего карбона до нижней перми отлагались морские известняки (маломощные), в верхней перми и триасе — локально развитые угленосные осадки. Герцинская складчатость имеет северо-восточное, реже унаследованное меридиональное простирание. В конце триаса образовались молассы. В  $J_1$  возникли наложенные континентальные впадины с угленосными отложениями.

С конца PZ и в MZ (яньшаньский цикл) подверглись ТМА зоны Нанлинь и Катазия (гранитоидной — образовались яньшаньские граниты), а затем и антеклиза Цзяннания. Территория разбита системой разломов Нанлинь — широтных, северо-восточных, реже — северо-западных, активной с PZ до KZ (максимально в мезозое). Яньшаньский тектонический цикл проявился в два этапа: 1)  $J_3$ — $K_1$  — образовались складки широтного и северо-восточного простирания, разломы и грабены, внедрились рудоносные плутоны гранитов типа Нанлинь; 2)  $K_2$ —P — возникли мелкие складки и разломы унаследованного направления, усилилось воздымание, местами образовались субвулканические малые интрузии пород кислого, среднего и даже основного (лампрофиры) состава.

В районе Южного Цзянси (восточный блок зоны Нанлинь), наиболее богатом вольфрамом, внедрились рудоносные гранитные плутоны, залегающие согласно с древними складчатыми структурами или пересекающие их (данные В.И. Казанского и др.) и многочисленные плутоногенные, в основном жильные, месторождения оловянно-вольфрамовой формации (рис. 33) грейзеновой, в меньшей мере скарновой групп. Месторождения контролируются, по данным китайских геологов (1975 г.), тектоническими зонами, возникшими с конца верхнего триаса или ранее и оживлявшимися вплоть до кайнозоя: 1) Нанлиньской широтной, объединяющей три более мелкие, 2) Неокатазиатским складчатым поясом, 3) "эпсилон-структурой" деформации. Субширотные структуры Нанлиньской зоны и расположенные в них граниты (J) контролируют распределение месторождений, а второстепенные широтные — рудные жилы. На сопряжениях вторичных структур более низких порядков и более закрытых находятся рудные поля второго и более высоких порядков, часто располагающиеся в ближних эндоконтактах плутонов, а вне плутонов — вдоль зон разломов и в местах наложения разнонаправленной складчатости (рис. 34).

Месторождения залегают в поднятиях, находящихся одно на продолжении другого в эпиплатформенном синклинии с наиболее крупными выходами гранитов яньшаньского плутона, в додевонских песчано-сланцевых отложениях фундамента — филлитах, кварцитах, слюдяных сланцах — кембрийских (Сихуашань), силур-ордовикских (Пяотань, Шанпинь).

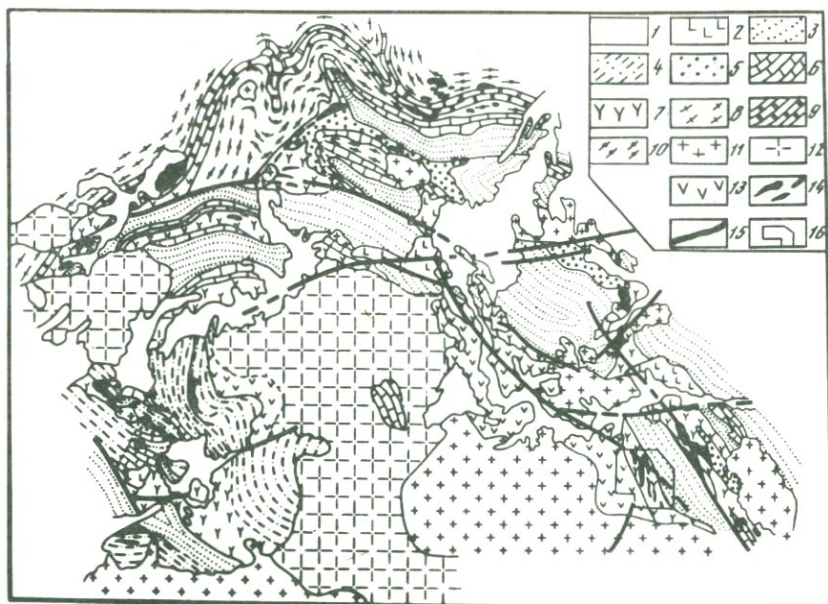


Рис. 35. Геологическое строение Джидинской зоны каледонид, по В.Г. Беличенко, 1977 г. с упрощениями и дополнениями Е.П. Малиновского и Д.О. Онтоева

1 – кайнозойские образования; 2 – эффузивы и туфы ( $PZ_2$ ); 3 – флишеидная джидинская свита ( $PZ_1$ ); 4 – нерасчлененная кембрийская осадочная толща; 5–7 – хохюртовская свита ( $E_1$ ); 5 – конгломераты, 6 – известняки, 7 – основные и средние эффузивы и их туфы; 8, 9 – зунмурийская свита ( $V-E_1$ ); 8 – метаморфизованные сланцы и песчаники; 9 – мраморы; 10 – метаморфизованные сланцы битуджидинской свиты ( $V?$ ); 11 – гранитоиды ( $PZ_{2-3}$ ); 12 – гранитоиды ( $PZ_1$ ); 13 – диориты и гранодиориты ( $PZ_1$ ); 14 – гипербазиты; 15 – основные разломы; 16 – площадь Джидинского рудного поля

Три главных жильных месторождения, дающих 1/4 продукции вольфрама КНР (Сихуашань, Шанпинь, Пяотань), залегают в породах кембрия. Жилы сопровождаются обычными слюдяно-кварцевыми апоалюмосиликатными грейзенами, в целом нерудоносными, но в месторождениях Юдоньнао (Южный Цзянси), Дангпо (Хунань), несущими вольфрамит. Встречаются и стратиформные вольфрамит-топазовые залежи в метаморфизованных вулканогенно-осадочных породах  $C_1$  (Айшань, Южный Цзянси) [195]. Изредка встречаются вольфрамоносные тела пегматитов и аляскитов (месторождение Чиулунышань). В месторождении Яогансань совмещено шеелитовое оруденение оловянно-вольфрамовой формации скарновой группы, залегающее в чехле платформы на контакте доломитовых известняков и карбонатных сланцев  $D_3$  и песчаников, а в гранитах и песчаниках  $D$  – рудные жилы. В песчаниках  $D_1$  и  $J_1$ , очень редко – в известняках  $P_1$  встречаются жилы с вольфрамитом и прожилки с шеелитом.

В западной блоке зоны Нанлинь в чехле платформы ( $D-P$ ) имеются многочисленные месторождения скарновой группы формаций: Илю – в метаморфических породах и известняках  $D-C_1$ , Чен-Чан ( $W, Pb, Zn, Mo$ ) – в известняках более верхнего горизонта ( $C-P$ ) чехла, Шичжюань

оловянно-вольфрамовой формации — на контакте известняков (С) чехла с гранитами — скарновое оруденение, а в известняках — бедное вольфрамом прожилково-вкрапленное (с сульфидами) кварц-турмалин-хлоритовой группы формаций. В Хунани в доломитах D—С чехла платформы залегают месторождения Сянхуалин и Иелутань (Li—Be, W), представленные слабо шеелитоносными, но богатыми минералами бериллия полосчатыми аподоломитовыми грейзенами, расположенные на склонах поднятий и в осложняющих последние прогибах. В месторождении Сянхуалин в доломитах D и С залегают вольфрамито-кварцевые жилы и богатые оловом, содержащие и вольфрамит, жилы- и трубообразные метасоматические тела, контролируемые разломом, по которому граничат песчано-сланцевые породы луньшаньской свиты и известняки PZ<sub>2-3</sub>. Здесь встречаются и редкие жильные месторождения (Си Тапа, Хунань).

На прибрежный антиклинорий каледонид Катазии во время заложения примыкающей к нему с востока мезо-кайнозойской геосинклинали косо наложен Охотско-Катазиатский пояс вулканитов липарит-андезит-базальтовой формации, излившихся в субаральных условиях, здесь представленный кислыми вулканитами (альпийский орогенный этаж). В фундаменте распространены яньшаньские плутоны гранитов и сопровождающие их мелкие малосульфидные грейзеновые и жильные месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы [122].

В наложенном на антиклинорий Катазия Западно-Фуцзянском приразломном прогибе осадочно-вулканогенные отложения орогенного этажа, перекрывающие не фундамент, как в других регионах, а чехол, вмещающего вулканоплутоногенные месторождения "вольфрам-порфировой" формации — Ляньхуашань, Янгчинг, ассоциирующие с субвулканическими дайками кварцевых диоритовых порфиритов (обильнее других), гранодиорит-порфиритов, гранит-порфиритов, аплитовых порфиритов и лампрофитов поздняяньшаньского вулканоплутонового комплекса (абс. возраст 100—90 млн. лет) [36, 57, 74 и др.]. Дайки прорывают континентальную угленосную песчано-сланцевую толщу (J) и несогласно перекрывающую ее вулканогенно-осадочную (J<sub>3</sub>—K) — липаритовые и кварцевые порфиры, кварцево-диоритовые порфириты, туфобрекчи.

Месторождение находится на пересечении северо-восточных глубинных разломов, контролирующих размещение вулканического пояса и плутона поздняяньшаньских гранитов, и северо-западных разломов, ограничивающих с юго-запада главную часть вулканического пояса, вблизи контакта штоковидного выступа гранитов, прорывающего осадочные породы и вулканиты. Оруденение полиформационное. Вольфрамит-кварцевые рудные тела и сопровождающие их грейзены с андалузитом и ферберитом, распространенные и в других регионах Катазии, связаны, по видимому, с плутоном яньшаньских гранитов. Более поздние (позже даек кварцевых порфиритов и диоритовых порфиритов) и более важные рудные тела — штокверковые (в основном) и жилыобразные пирротин-пиритовые с вольфрамитом, ферберитом и шеелитом ("вольфрам-порфировой формации" серицит-кварцевой (?) группы). Возраст этого оруденения, богатого сульфидами железа, как и сульфидно-касситеритового оруденения района Гецзю, поздняяньшаньский (100—70 млн. лет).

Для ряда месторождений молибдено- и оловянно-вольфрамовой формации Прибрежной зоны, ассоциирующих с вулканогенно-осадочными сериями ( $J_2-K_1$ ), ранее связывавшихся с яньшанскими гранитами, предполагается осадочное или вулканогенно-осадочное происхождение [195].

Итак, оруденение на рассматриваемой территории формировалось неоднократно: 1) раннеяньшанское ( $J_{2-3}$ , 190–150 млн. лет) плутоногенное оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы – в фундаменте эпикаледонской платформы, в антиклинории Катазия – еще и собственно грейзеновое. 2) Поздняяньшанское (100 и 70 млн. лет) – плутоногенное скарновое шеелитовое, жильное и грейзеновое вольфрамитовое, а также шеелитовое грейзеновое (в апокарбонатных грейзенах), богатое сульфидами железа, – в бортах эпиplatformенной впадины, а также вулканоплутоногенное в приразломном прогибе, наложенном на антиклинорий Катазия. 3) Постяньшанское (?) жильное вулканогенное сурьмяно-вольфрамовой формации серицито-кварцевой (?) или аргиллизитовой группы – в антиклизе Цзяннаня. Последовательность разных ассоциаций рудных формаций аналогична проявленной на Северо-Американском материке.

Размещение вольфраморудных формаций на территории Китая в структурах земной коры разной степени консолидации зависит не от степени консолидации [36], а от возраста активизации, глубины зарождения магматических очагов, состава магм и возраста оруденения, варьирующего от структуры к структуре. Оруденение одного возраста локализуется в фундаменте (преимущественно), другого – в чехле, третьего – в орогенном этаже. Соответственно изменяются формационная принадлежность и масштабы оруденения, иногда – и морфоструктурные типы рудных тел.

*Забайкалье.* В Забайкалье вольфрамовое оруденения распространено. В Байкальской позднепротерозойской складчатой области, окаймляющей с юга Сибирскую платформу, имеются докембрийские шеелитовые проявления – плутоногенные жильные, связанные с габбро-плагиогранитной формацией, и россыпные. Вдоль Нерча-Хилокской зоны геантиклинальных поднятий, ограниченной с севера Южно-Алданским структурным швом, с юга – Монголо-Охотским краевым структурным швом, подвергшихся ТМА в  $PZ_3$  и  $MZ$ , сопряженной с орогенным этапом развития мезозойской геосинклинали Восточного Забайкалья, и западнее – в Джидинской раннекаледонской складчатой системе, также активизированной в  $PZ_3$  и  $MZ$ , проходит Джиди-Хилокский пояс вулканоплутоногенных месторождений (гюбнеритовых) молибден-вольфрамовой формации, включающий месторождения Джидинского рудного поля, Малый Ойногор, Булуктай, ряд проявлений  $Mo$ , а также Бом-Горхон, ассоциирующие с интрузивами сиенит-гранитной и дацит-липарит-лейкогранитной формаций.

Джидинский рудный узел (рис. 35) находится в опущенном Средне-Джидинском блоке Джидинской геосинклинали, вблизи Дархинтуйского глубинного разлома [77], против клиновидного Ангарского выступа Сибирской платформы, на скрещении ограничивающих его структурных швов, вернее продолжающих их глубинных разломов, одним из которых является Дархинтуйский, на пересечении глубинных разломов орто- и диагональной регматической сети. В этом блоке, соответствующем

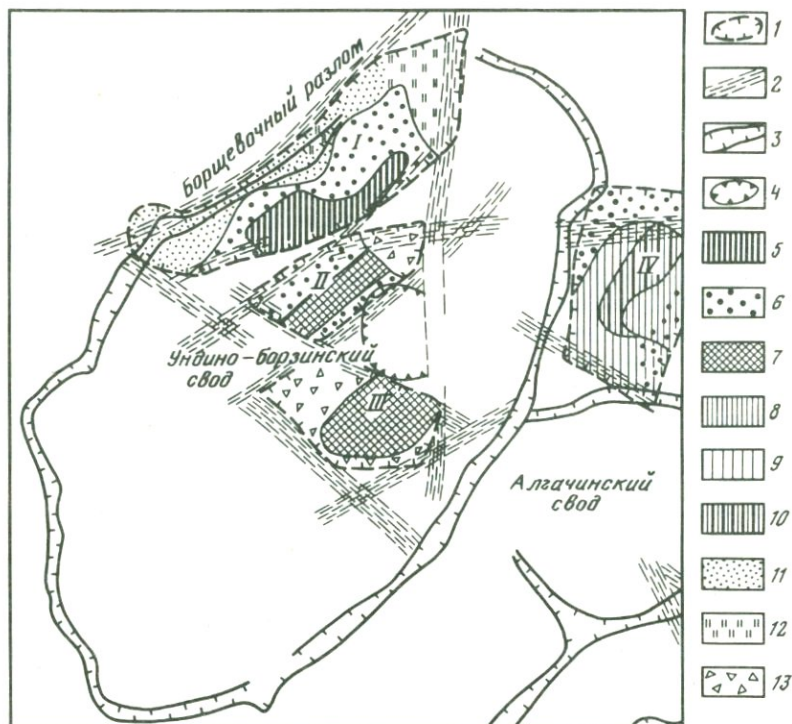


Рис. 36. Зональное размещение минерализации на территории Ундино-Борзинского свода, Юго-Восточное Забайкалье [78]

*I* – рудные районы: *I* – Балейский, *II* – Букука-Белухинский, *III* – Этыкинский; 2 – разломы фундамента; 3 – тектонические долины в подножьях сводовых поднятий; 4 – опускания в центральных частях сводов; 5–7 – площади преимущественного распространения высокотемпературных гидротермальных формаций: 5 – кварц-молибденитовой, 6 – золото-кварцевой, 7 – кварц-касситеритовой и кварц-вольфрамитовой; 8–10 – зоны распространения низкотемпературной минерализации, принадлежащей к формациям: 8 – золоторудной балейского типа, 9 – кварц-карбонатно-киноварной, кварц-ферберит-антимонитовой, кварц-антимонитовой и антимонит-баритовой, 10 – флюоритовой; 11 – молибденит-галенит-сфалеритовой

бывшему эвгеосинклиальному трогу, развиты отложения спилит–кератофировой и спилит–диабазовой, кремнистой и карбонатной формаций каледонского геосинклиального этажа ( $E_{1-2}$ ), вмещающие рудномагматические системы. Ряд проявлений и месторождений той же рудной формации расположен, по данным В.И. Игнатовича, восточнее – в узлах пересечения поперечными разломами продольных северо-восточных глубинных разломов, параллельных разлому, ограничивающему южную часть Байкала.

Каледониды Западного Забайкалья продолжаются в Северной Монголии, где к ним приурочены молибденовые проявления молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы, залегающие в лейкогранитах плутона (MZ) и метаосадочной толще кровли (С).

Малый Ойногор связан с герцинским вулканоплутономическим комп-

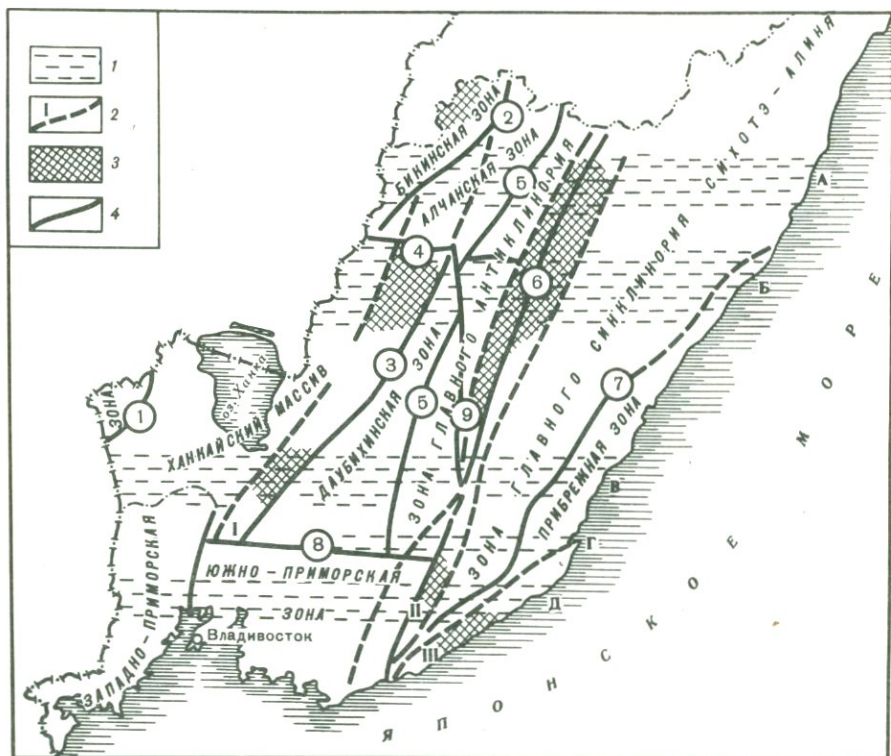


Рис. 37. Соотношения вольфрамоносных поясов с региональными структурами Приморья [21]

1 – субширотные структурные зоны: А – Южно-Бикинская, Б – Иманская, В – Тетюхе-Ханкайская, Г – Владимировская, Д – Пхусунская; 2 – вольфрамоносные пояса и их границы: I – Западный, II – Центральный, III – Восточный; 3 – звенья вольфрамоносных поясов с выявленной вольфрамовой минерализацией; 4 – структурные швы и крупные разломы: 1 – Западно-Приморский, 2 – Алчанский, 3 – Западный Сихотэ-Алинский, 4 – Иманский, 5 – Даубихинский, 6 – Центральный Сихотэ-Алинский, 7 – Прибрежный, 8 – Южный Сихотэ-Алинский, 9 – Фудзино-Иманский сдвиг

лексом гранит-порфиров. В апикали штоки гранит-порфиров имеют, по данным В.Т. Покалова и др., ритмично-зональное строение. Наиболее важное оруденение в Западном Забайкалье связано с различными вулканоплутоническими комплексами мезозойских гранит-порфиров и гранитов (гуджирским и др.) и с их интрузивными фазами. С комплексом, имеющим возраст около 147 млн. лет, связано существенно молибденовое оруденение, с имеющими возраст около 129 млн. лет – существенно вольфрамовое, чаще всего гюбнеритовое, богатое сульфидами железа, свинца, цинка и сульфосолями.

В Северном Забайкалье плутоногенное оруденение молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы и вулканоплутоногенное "молибден-порфировой формации" местами совмещено (Ореkitкан). Они находятся на пересечении глубинных разломов, связаны с интрузивами мезозой-

ских гранит–порфиров и сформированы вслед за излияниями кислых лав. Ангокитское тунгстенит–шеелитовое месторождение расположено, по Т.И. Гетманской и Б.С. Чернову, в терригенно-карбонатных породах PR, в 1,5 км от выхода биотитовых гранитов (MZ).

Южнее Монголо-Охотского шва размещаются, как отмечено Б.С. Черновым, в основном, месторождения оловянно–вольфрамовой формации. Среди них имеются плутоногенные грейзеновой группы формаций. С учетом данных Е.А. Радкевич, В.С. Кормилицына и др., отметим следующее. Ряд жильных месторождений находится на месте бывшего редуцированного юрского геосинклинального прогиба: малосульфидные грейзеновой группы формаций — Ушмунский голец, Антонова гора, а также богатые сульфидами полиформационные Белуха, Букука (в Шахтаминском поднятии).

В Агинском срединном массиве в области его средне–позднепалеозойской консолидации в зоне скрытого глубинного разлома находится Спокойненское месторождение, представленное молибден-вольфрамовой формацией (гюбнеритовая субформация), пологими зонами рудоносных грейзенов и жил, на краю массива размещается месторождение Шерловая Гора оловянно–вольфрамовой формации, а в зоне одного из глубинных разломов Монголо-Охотского шва — вулканогенное месторождение Барун-Шивея сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, представленное пологими оруденельными зонами брекчирования. В Западно-Агинском блоке срединного массива — герцинской консолидации размещаются жильные месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы — Зун-Ундур, Барун-Ундур, Дедова Гора, Ангатуи, представленные крутопадающими жилами. Западнее — в Даурской краевой зоне средне-позднепалеозойской консолидации находятся Шумиловское и Молодежное жильные месторождения оловянно-вольфрамовой формации, представленные пологими жилами.

Восточнее юрского прогиба, на границе Уровско-Урулюнгуйского поднятия с наложенным прогибом находится Нортуйское грейзеновое месторождение вольфрамита. Оруденение сформировано, по данным Г.Ф. Ивановой и др., в юре, богатое сульфидами оруденение Букуки, по данным Н.Г. Демидовой и П.В. Комарова, — на 17 млн. лет позже малосульфидного. Месторождение Барун-Шивея А.Д. Щеглов и В.С. Кормилицын считают раннеоловым. Это месторождение находится в кварцитах, перемежающихся со сланцами (PZ<sub>1</sub>). Оруденение, судя по наличию в рудах ртути (хотя она и относится к более поздней, чем сурьмяно-вольфрамовая, стадии минерализации), и потому, что руды представлены зонами оруденелой брекчии, типичными для мезо-кайнозойских месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации, позднемезозойское или кайнозойское, но не докембрийское, как полагает С.Г. Сахно.

Главное оруденение Восточного Забайкалья сформировалось, по И.Н. Томсону, О.П. Поляковой и Н.Т. Кочневой (1970 г.), в конце юры — начале мела, когда на площади нижеюрской геосинклинали и соседних разновозрастных и разнохарактерных структур в конце юры начало развиваться сводово-глыбовое поднятие (шириной 30–60 км) (рис. 36). Затем более молодые "очагово-купольные" поднятия. После этого поднятия были разбиты на секториальные блоки, ограниченные. Затем поднятия были

разбиты на секториальные блоки, ограниченные разломами фундамента, воздымавшиеся дифференцированно — "очаговые" купольные поднятия. Поднятия обрамлены системами дугообразных впадин, унаследовавших грабен-синклинали, заполненные вулканитами ( $J_3$ ) и континентальными отложениями ( $K_1$ ), по которым на отдельных блоках, расположенных вдоль радиальных разрывов, происходило опускание. Среди них рудоносные блоки, воздымавшиеся, начиная с нижней юры, претерпевшие инверсию в средней юре или в конце юры. У всех рудоносных блоков на заключительной стадии формирования проявилась тенденция к ускоренному поднятию, с каждым из них совпадает ареал юрских интрузивов.

Шеелитовые проявления выявлены в восточной части Шахтама-Акатуевского района — секториального блока, примыкающего к ядру Верхне-Газимурского свода. Район совпадает с нижнеюрским конседиментационным поднятием, воздымался в средней и верхней юре. Небольшие скарновые шеелитовые месторождения и проявления известны в Газимуро-Заводском блоке во внутренних частях района. Букука—Белухинский рудный район находится в округлой впадине в крупном Шундуинском секториальном блоке, граничащем с ядром Ундино-Борзинского свода на площади выходов фундамента (PZ), обрамленной юрскими формациями. Шундуинская структура — это дочерний свод, осложняющий северное крыло главного свода. В нижней юре этот блок располагался на северном фланге морского бассейна, а начиная со средней юры, — в области устойчивого поднятия. К этому блоку приурочен ареал интрузивов (MZ), в центральной части расположена цепочка штоков гранитоидов повышенной основности. По северной периферии блока протягивается пояс штоков габбро и диоритов (?), известных и у восточной границы рудного района. С юго-запада рудоносный блок обрамляется поясом диоритовых порфиридов и гранодиорит-порфиридов (I). Оруденение различных типов размещается зонально, вольфрамовое оруденение приурочено к центральной части района.

В приподнятом секториальном блоке расположен и Этыкинский рудный район, и ареал кукульбейских гранитов, с которыми ассоциирует вольфрамовое оруденение. Зона оруденения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы находится во внутренней части блока.

В заключение отметим, что Забайкальская рудная провинция расположена в области с различной мощностью земной коры: в Восточном Забайкалье — повышенной (40 км и более), в Западном — 37—40 км, причем наиболее интересные месторождения вулканоплутонической ассоциации находятся, судя по данным Е.Е. Батуриной, над гравитационной ступенью, разграничивающей блоки с разной мощностью гранитно-метаморфического слоя.

*Восточная Монголия.* Восточно-Монгольская провинция включает металлогенические зоны: Хэнтэйскую вольфрам-оловянную, Гобийско-Южнокеруленскую вольфрамовую, Южногобийско-Нукутдабанскую оловянно-молибдено-вольфрамовую. На северо-восток Монголии из Восточного Забайкалья протягивается Агинский рудный район. Северная ее часть это — юго-западное продолжение оловянно-вольфрамового пояса Центрального и Восточного Забайкалья. Селенгинский и Восточно-Монгольский вулканические пояса протягиваются соответственно в Селенгино-Витимс-

кую и Урулунгуйскую зоны: Хэнтэйский свод сливается с Южно-Даурским, а заложенный в перми Джаргалантуингольский триасово-раннеюрский прогиб и Солонкерский геосинклинальный прогиб Внутренне-Монгольской складчатой системы — это южное окончание Халчерангинского и Восточно-Забайкальского прогибов — апофизы мезозойских геосинклиналей Тихоокеанского пояса. Оруденение плутоногенное, грейзеновой группы формаций, исключая Их-Хайрхан серицит-кварцевой группы.

Хэнтэйская вольфрам-оловянная зона (сводовое поднятие) — самая богато оруденелая. Это — юго-западное продолжение Центрально-Забайкальского пояса, длина которого 1400–1500 км (из них 60 км — в пределах МНР), ширина 200–220 км. Зона охватывает восточный сектор Монголо-Забайкальской складчатой системы, где с конца палеозоя и в мезозое формировался свод, частично охвативший и периферическую часть Центрально-Монгольской системы (Модотинский район). На северо-западе зона ограничена Иругольским разломом, на юге — Северо-Гобийским и Ононским, на западе — поперечным Орхонским. Здесь распространены терригенные отложения (PR–PZ<sub>3</sub>), интенсивен гранитоидный магматизм (MZ<sub>1</sub>), почти не сопровождаемый вулканизмом, продуктивный гранитоидный магматизм (T<sub>3</sub>–J<sub>1</sub>, частью J<sub>2–3</sub>). В зоне выделяются рудные районы (с ЮЗ на СВ): Их-Хайрханский, Южно-Хэнтэйский, Модотинский и Верхнеононский. В Западном Хэнтэе находится вольфрамовое месторождение Цаган-Даба.

Их-Хайрханский рудный район, приуроченный к юго-западному замыканию Хэнтэйского синклиория, находится на юго-западном погружении Хэнтэйского свода, на его границе с Южно-Хэнтэйской впадиной, разбит системами разломов диагональной сети на блоки. Он сложен тонко- и мелкообломочными терригенными, местами — зеленокаменными породами каледонского этажа (PR–Є<sub>1</sub>). Выше залегают песчаники, глинистые сланцы, конгломераты, яшмы и порфириды Хэнтэйской серии (PZ<sub>2–3</sub>). На юге района распространены вулканиты (PZ<sub>3</sub>) и континентальная моласса (P) — герцинский орогенный этаж. Широко развиты вулканиты (T), в основном средне-основные. Распространены плутоны гранитоидов (PZ<sub>3</sub>, T–J<sub>1</sub> и J<sub>2–3</sub>). Их-Хайрханская цепочка массивов гранитоидов (MZ) длиной 100 км следует северо-западным разломом. С интрузиями гранитоидов связаны месторождения Онгон-Хайрхан (абс. возраст гранитов одноименного массива 170–206 млн. лет). Ихэ-Хайрхан (абс. возраст гранитов одноименного массива 158 млн. лет, Бага-Хайрханского массива 130 ± 6 млн. лет), Хар-Чулу и др. В Южно-Хэнтэйском и Модотинском рудных районах оруденение связано с интрузиями (T–I<sub>1</sub>), а на крайнем северо-востоке, в Верхнеононском районе — с небольшими массивами гранитов (I<sub>2–3</sub>). Рудные районы смещены к юго-востоку от оси поднятия. Лишь месторождение Цаган-Даба расположено у северо-западной границы зоны. Оловянно-вольфрамоносные интрузии контролировались Ононским и Северо-Гобийским разломами, а частью — разломами, ограничивающими поднятие с северо-запада. Месторождение Их-Хайрхан находится в Южно-Хэнтэйской геантиклинальной зоне, на склоне антиклинали.

Гобийско-Южнокеруленская зона, существенно вольфрамовая, совпадает с Восточно-Монгольским вулканическим поясом. Вольфрамоносны здесь обычно лейкократовые и аляскитовые граниты шарахадинского

комплекса ( $J_{2-3}$ ). Лишь месторождение Салаа ассоциирует с лейкогранитами ( $T_3-J_1$ ). Рудоносные граниты и главные рудные узлы обычно размещаются в выступах раннекаледонского фундамента, лишенных проявлений мезозойского вулканизма (Тумэн-Цогтинский узел, Бурэнцогтинский и Средне-Гобийский рудные районы).

Обособленно в Южно-Хэнтэйской межгорной впадине зоны мезозойских депрессионно-блоковых структур расположено месторождение Бага-Газрын вольфрам-оловянной формации, связанное с массивом аляскитовых гранитов гранит-лейкогранитовой формации ( $T_3-J_1$ , абс. возраст 225–236 млн. лет) литий-фтористого геохимического типа. Месторождение локализовано в этом массиве, залегающем среди основных и кислых эффузивов, их туфов, песчаников, конгломератов и сланцев (P) в крыле антиклинали в Центральном поднятии, сложенном кристаллическими породами (PZ).

Севернее зоны мезозойских депрессивно-блоковых структур, развившихся на герцинидах Южной Монголии, находится Монголо-Забайкальский арал ТМА, южнее – внутренне-Монгольский, окаймляющие Восточно-Забайкальскую апофизу мезозойских геосинклиналей Тихоокеанского пояса и ее юго-западное продолжение – Джаргалантуингольский прогиб и Солонкерский геосинклинальный прогиб Внутренне-Монгольской складчатой системы. На юго-востоке в Нукутдабанском, Тотшаньском и Барунцогтинском сводово-блоковых поднятиях, определяющих положение Южно-гобийско-Нукутдабанской оловянно-молибден-вольфрамовой зоны, вольфрамоносны интрузии лейкократовых и нормальных гранитов Югодзырского (на востоке) и Халцзанульского (на юге) комплексов гранит-лейкогранитовой формации ( $T-J_1$ ).

Для Южно-Гобийского рудного района характера существенно оловянная минерализация оловянно-вольфрамовой формации. В позднепалеозойском геосинклинальном прогибе, в конце перми превратившемся в блоковое поднятие, в гранит-порфирах и их кровле расположено месторождение Хара-Мориту, в роговиках – касситерит-сульфидное оруденение серицит-кварцевой группы.

В Нукутдабанском рудном районе находятся месторождения вольфрам-молибденовой формации (месторождение Югодзыр и др.).

Месторождение Тумен-Цогто молибден-вольфрамовой формации расположено в зоне мезозойской ТМА палеозойских геосинклинальных структур Центральной Монголии.

*Сихотэ-Алинь*. Структурно-формационные зоны мезозоид Сихотэ-Алинь следующие (с запада на восток): Западно-Приморская, Бикинская, Алчанская, Даубихинская, Южно-Приморская, Главный антиклинорий, Главный синклинорий, Прибрежная. Геосинклиналь заложилась в силуре-раннем девоне на субконтинентальной коре. Консолидация началась в сеноне с тенденцией распространения с запада на восток. В орогенный период сформировались Западно-Сихотэ-Алинский и Восточно-Сихотэ-Алинский вулканические пояса андезит-дацит-липаритового состава и интрузии габбро-диорит-гранодиоритов и гранодиорит-гранитов. Выделяются [66] вольфрамоносные магматические серии (или комплексы): 1) вознесенская синегорская, 2) ключевская, 3) дальнинская, 4) приморская, 5) сихоте-алинская. Рудоносные гранитоиды в основном позднемеловые.

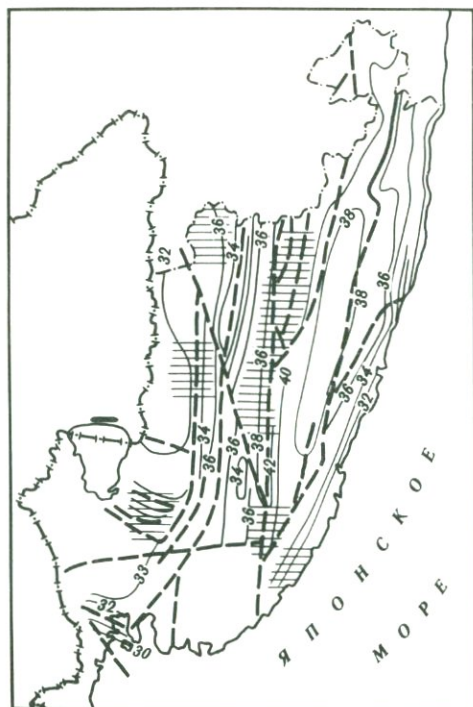


Рис. 38. Положение вольфрамородных регионов Приморья относительно участков земной коры разной мощности. Условные обозначения см. рис. 22

Различаются Западный, Центральный и Восточный вольфрамородные пояса [21]. Первый из них приурочен к Западно-Приморскому разлому, второй — к Центральному Сихотэ-Алинскому, третий — к Прибрежной зоне (рис. 37, 38). На рис. 38 показано положение вольфрамородных регионов относительно участков земной коры разной мощности.

В Ханкайском срединном массиве — фрагменте северо-восточной окраины Китайской платформы — имеется самое древнее в Приморье вольфрамородное оруденение. В Вознесенской рудной зоне имеются мелкие жильные месторождения оловянно-и-

молбден-вольфрамовой формации грейзеновой группы, связанные с гранитными плутонами вознесенского комплекса ( $PZ_{1-2}$ , абс. возраст 460–390 млн. лет). Встречаются мелкие месторождения вольфрама, связанные с плутонами гранитов гродековского комплекса (абс. возраст 280–240 млн. лет). В Гродековском массиве развиты, помимо гранитов (D–C), и позднепермские граниты вулканоплутонического комплекса [66].

В юго-восточной части Ханкайского массива в Вознесенском антиклинории и юго-западном крыле Черниговского синклинория в месте изгиба (в плане) складок на рубеже O/S образовался вознесенский комплекс гранитоидов, с которым связаны месторождения Вознесенское и Пограничное оловянно-вольфрамородной формации грейзеновой группы, представленные слюдисто-флюоритовыми рудами, образовавшимися по известнякам волкушинской свиты (Є), и проявление оловянно-вольфрамородной формации кварц-турмалин-хлоритовой группы.

Центральный пояс проходит вдоль Центрально-Сихоте-Алинского шва — сдвига-надвига длиной 700 км и шириной 3–4 км, разобщающего Главный Сихоте-Алинский синклинорий (на востоке) и Центрально-Сихотэ-Алинский горст-антиклинорий (на западе). Вдоль цепочки плутонов расположен пояс, включающий оловянно-вольфрамородную подзону. Здесь развиты вулканоплутонические гранитоиды ( $K_2-P$ ). Дайки и другие тела гранитов распространяются по оперяющим разломам в антиклинорий и синклинорий. В карбонатных прослоях (PZ) вблизи мелких массивов гранитоидов встречены шеелитоносные скарны. К массивам аляскитовых гранитов приурочены

ны более молодые месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. В этой зоне расположены полиформационные шеелитовые месторождения вольфрама, что обусловлено многократным оживлением движений по глубинному разлому. Из них наиболее интересны Восток-2 и Лермонтовское с оруденением скарновой, грейзеновой, серицит-кварцевой, пропилитовой групп формаций, связанные с гранитоидами вулканоплутонической ассоциации (дальнинский комплекс,  $K_1$ ), габбро-монцонитовой и габбро-монцонит-сиенитовой формаций, связанный с трахиандезитовыми магмами [66]. Они формировались при процессах ТМА, консолидированных в конце нижнего мела блоков с корой переходного типа или увеличенной мощностью "базальтового" слоя.

Возраст гранитоидов, локализованных в Бикинской субширотной зоне 133–100 млн. лет (шивкинский комплекс), а в зоне Кавалерова-Дальнегорской сквозной структуры – 110–110 млн. лет (березовско-араратский комплекс  $K_1$ – $K_2$ ). Месторождение Восток-2 находится в Главном синклинии в горстообразном блоке, вблизи Центрального шва и границ интрузивно-вулканогенного пояса [21], на крыле синклинали в толще песчано-кремнисто-сланцевых отложений с редкими пластами известняков и спилитов киммерийского геосинклинального комплекса ( $P_2$ – $T$ ), прорванной штоком гранодиоритов, переходящих в плагиограниты (абс. возраст эксплозивной брекчи гранодиорит-порфиоров 127 млн. лет – 84 млн. лет).

Лермонтовское месторождение расположено, по данным Ю.Г. Иванова, в компенсационном поднятии, обусловленном развитием позднемезозойского вулканогенного прогиба, связанного с активизацией, проявившейся вдоль восточной окраины Ханкайского массива, в зоне субмеридиональных разломов, на крыле антиклинали в толще алевропелитов с прослоями песчаников, кремнистых пород и известняков ( $P$ ). Эта толща прорвана интрузивами биотитовых гранитов, диоритов и многочисленными дайками лейкократовых гранитов, диабазовых и диоритовых порфириров ( $J$  (?) –  $K_1$ ). В центральной части рудного поля осадочные породы прорваны штоком гранитоидов (адамелиты, плагиограниты и биотитовые граниты). Оруденение проявлено в штоке и его экзоконтакте, в провесе (?) кровли, пересеченном дайкообразными апофизами штока и дайками порфиоров.

С гранитоидами синегорского гранодиорит-гранитного комплекса ( $K_2$ , сенон) ассоциирует одноименное жильное проявление молибдено-вольфрамовой формации. Этот комплекс, выявленный в Южно-Приморской, Даубихинской, Алчанской структурно-формационных зонах, где проявилась позднепалеозойская складчатость, развит в зонах Западно-Сихоте-Алинского (Даубихинская зона) и Центрального структурных швов (Южно-Приморская зона).

С орогенными палингенными сиалическими гранитоидами мезозой (ключевский комплекс,  $K_2$ ) связаны жильные проявления Незаметное, Тигриное, Забытое грейзеновой группы формаций в Главном синклинии (диориты, кварцевые диориты и гранодиориты до преобладающих лейкогранитов и редких аляскитов).

В зоне Центрального структурного шва с гранитами бачелазской серии ( $MZ_3$ ) связаны месторождения оловянно-вольфрамовой (Тигриное, Ча-

паевское, Забытое, Чимчигузское, Гранитное) формации грейзеновой группы: в прилегающих районах Центрального антиклинория Начальное, Незаметное, Радужное) и главного синклинория (Тигриное).

Месторождение Рудное залегает в песчаниках и алевролитах (Т, К) альпийского геосинклинального этажа.

На северном погружении Центрального антиклинория, в крыле крупной синклинали, сложенной песчано-сланцевыми отложениями альпийского геосинклинального этажа ( $J_1$ ) и прорванной небольшим интрузивом кварцевых диоритов (Р), дайками гранит-порфиоров и штоками диабазовых порфиоров, расположено Джаурское полиформационное полиметаллически-вольфрамовое месторождение — скарновой, грейзеновой и серицит-кварцевой групп.

В Прибрежном антиклинории в Восточном вольфрамоворудном поясе расположены плутогенные месторождения грейзеновой группы формаций (Соболиное, горы Острой). Они связаны с раннеорогенным субсеквентным Приморским вулканоплутоническим комплексом (дат), интрузивные члены его представлены плутонами гранодиоритов, нормальных и аляскитовых гранитов. Здесь в зонах поперечных разломов, пересекающих антиклинорий и частью главных синклинорий, проявлен сихотеалинский вулканоплутонический комплекс (гранитоиды монцитонитовидного ряда, кварцевые и фельзитовые порфиры) [66], интрузивы возникли при процессах ТМА, обусловленных развитием соседней кайнозойской геосинклинали. С ним связаны в основном полиметаллические и оловянные месторождения кварц-турмалин-хлоритовой группы формаций.

Считают, что в восточных районах северо-западного сектора Тихоокеанского кольца магматизм моложе, чем в западных. Но скарновое месторождение Восток-2 сформировано синхронно с богатым сульфидами жильным оруденением Джиды (абс. возраст 133–127 млн. лет). По представлениям М.И. Настича, вначале образовалось шеелитсульфидное скарновое оруденение района (Восток-2, Лермонтовское) в зоне Центрального шва, затем — грейзеновое и жильное оруденение оловянно- и молибден-вольфрамовой формации, распространенное в зоне мезозой, связанное в основном с гранитами  $K_2$  (абс. возраст 90–74 млн. лет, австрийская тектоно-магматическая фаза).

Самое молодое месторождение Джаур связано с сихотеалинским (?) магматическим комплексом ( $P_2$ , абс. возраст 65–55 млн. лет), соответствующим ларамийской тектоно-магматической фазе, синхронно с оловянным оруденением кварц-турмалин-хлоритовой группы формаций.

Судя по данным [66], месторождения грейзеновой группы формаций обычно генетически связаны с комплексами калиевых лейкократовых, в том числе литий-фтористых гранитов — производных сиалических палингенных расплавов, генерированных на глубинах, отвечающих уровням метаморфизма амфиболитовой фации. Шеелитовые скарновые месторождения парагенетически связаны с более сложными монцитонит-граносиенит-гранитной формации ассоциациями или трахибазальт-трахиандезит-монцитонит-граносиенитовой формации — дифференциатами более глубинных трахиандезитовых и трахибазальтовых магм [66]. Из летучих в породах первой ассоциации большую роль играл F, в породах второй ассоциации — также Cl, S, P,  $CO_2$ .

Мощность земной коры Приморья 30–35 км (см. рис. 42). Таким образом, повышенная мощность земной коры (более 40–45 км) для образования вольфрамового оруденения не обязательна.

*Мезозойды Северо-Востока Азии.* Вольфрамовое оруденение имеется в рудных поясах и узлах мезозойд внешней миогеосинклинальной зоны (Чауно-Чукотская, Верхнеянская), окаймляющих Колымский мегаблок и включающих внутренние массивы. Рудные пояса согласные, в осевой части Верхоянской складчатой системы – секущие. Верхояно-Чукотская деформированная платформа (по М.В. Муратову) или метаплатформенная область (по Е.Е. Милановскому) и юго-восточная часть Восточно-Сибирской (Гиперборейской) древней платформы также несут вольфрамовое оруденение оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы.

В Чауно-Чукотской глыбово-складчатой системе С.Ф. Лугов, И.Н. Томсон и М.А. Фаворская выделяют мезозойскую блоково-складчатую систему, возникшую на месте эпикратонной геосинклинальной системы, образовавшейся на герцинском и докембрийском фундаменте во второй половине карбона. По С.Ф. Лугову, здесь имеются три этажа: нижний (фундамент мезозойд) – породы древнее  $PZ_3$ , средний (геосинклинальный) – породы  $PZ-K_1$ , верхний (чехол платформы) – породы конца  $K_2-N$ , главные фазы мезозойской складчатости завершились раньше, чем в Верхоянии.

В.М. Муратов считает ту же территорию окраинной платформы со среднепротерозойским или омоложенным архейским фундаментом (1600 млн лет). Гранат-биотит-амфиболовые сланцы и амфиболиты (R), маломощные карбонатно-терригенные отложения ( $O-C_1$ ), песчано-глинистые отложения (T) мощностью до 3500 м, а в самой глубокой впадине еще и черные глинистые сланцы ( $J_1$ ) этот исследователь относит к нижнему этажу чехла платформы, а обломочные отложения и вулканы Охотско-Чукотского вулканического пояса ( $K_2-P_1$ ), накопленные с апта по начало палеогена вдоль границы мезозойской миктогеосинклинальной и кайнозойской эвгеосинклинальной складчатых систем, – к ее верхнему этажу. Складчатоглыбовое строение территории обусловлено неглубоким (6000 м) залеганием фундамента.

Распространены многофазные интрузивы гранитоидов. Среди них имеются соскладчатые плутоны и более поздние трещинные тела ( $K_1, K_2$ ) двух генераций [33]. Дифференциация магмы каждого комплекса была гомодромной: от умеренно кислых гранитоидов до ультракислых лейкократовых. Относительный объем лейкократовых пород возрастает с уменьшением возраста комплекса.

Вольфрамовые проявления ассоциируют с соскладчатыми плутонами. С комплексом  $K_1$  связаны месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, с верхнемеловым – оловянные кварц-турмалин-хлоритовой группы. Большинство месторождений приурочены к зоне, сложенной отложениями  $PZ_3-MZ_3$  и образуют три северо-западных рудных пояса, согласные с мезозойской складчатостью. Месторождения вольфрама сосредоточены в Северном – оловянно-вольфрамовом рудном поясе, приуроченном к полосе развития пород  $PZ_3$  и  $MZ_1$  в северной части антиклинальной среднеюрской складчатой зоны и обрывается на востоке вблизи Чукотско-Аляскинского (Охотско-Юконского) срединного массива. В охотской части массива месторождений вольфрама не выявлено. К средне-

юрской фазе складчатости значительные площади этого пояса были подняты: в них распространены отложения  $PZ_3$  и  $MZ_1$ , отложения  $P_2-T_3$ , развитые на западе и юге, почти отсутствуют.

Древнейшие интрузии в этом поясе — пластовые габбро-диабазов ( $T_{1-2}$ ).

Распространены соскладчатые плутоны гранитоидов ( $J_2$ ).

В северо-западной части пояса дискордантные плутоны гранитоидов иультинского типа ( $K_1$ ) (калиевые лейкограниты) средних этапов сопровождаются месторождениями оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (рудные узлы Амгуэмского рудного района). На северо-западе пояса с плутонами гранитоидов валькумейского типа ( $K_2$ ) поздних этапов ассоциируют слабовольфрамоносные оловорудные месторождения кварц-турмалин-хлоритовой группы (рудные узлы Красноармейского рудного района Певекский, Куйвиеево-Гыргычанский, Пыркакайский, Куветско-Окваамский). С плагиогранитами и гранодиоритами ( $K_2$ ) связано оловянное оруденение серицит-кварцевой группы. В восточной части пояса проявлена шеелитовая минерализация. Интенсивность вольфрамовой минерализации ослабевает от центральной к краевым частям пояса. Интенсификацию оруденения и смену вольфрамового оловянным западнее центральной зоны С.Ф. Лугов объясняет погружением структур. Встречаются пегматиты оловянно-вольфрамовой формации. Абсолютный возраст минералов оловоносных пород и жил Северо-Востока 110–100, 125–120, 137–130 и 140–130 млн. лет.

В Северо-Восточной рудной зоне вкрапленность вольфрамита встречается в скарновых залежах с полиметаллическим оруденением, в контактах гранитоидных интрузивов ( $J_2$ , частью  $K$ ). Большая часть вольфрам-оловянного оруденения грейзеновой группы ассоциирует с плутонами гранитов, в основном, лейкократовых ( $K_1$ ). Оруденение кварц-турмалин-хлоритовой группы формаций образуется позже. Вольфрамсодержащие оловянные месторождения серицито-кварцевой группы ассоциируют с малыми интрузиями.

Важнейший Амгуэмский рудный район расположен в центральной интрагорстантиклинали, в юго-восточном окончании Куэкувуньского антиклинория, включает рудные узлы — Иультинский (месторождения Иультин, Долинное и др.) и Северный (месторождения Светлое, Солнечное, Северное, Тенкергин). Оруденение ассоциирует с гранитами иультинского типа, внедрившимися в участках флексурных изгибов (в плане) антиклиналей под влиянием поперечного поднятия или шва. Некоторые месторождения (Тенкергин) приурочены к местам распада линейных складок на более мелкие — к границам блоков.

Район сложен отложениями трех структурных этажей: нижнего —  $PZ_1$  и  $PZ_2$  (С), среднего ( $P_3$  и  $T$ ) (переслаивающиеся аркозовые песчаники и сланцы), и орогенного — вулканитов Охотско-Чукотского вулканического пояса ( $K_2$ ). Рудные узлы приурочены к Центральной структурно-фациальной зоне, к зоне разломов фундамента. Месторождения локализованы в структурах очагового типа (по И.Н. Томсону и М.А. Фаворской) на пересечении крупных продольных и поперечных разломов. Центральная зона, вмещающая гранитные интрузивы и дайковые пояса, граничит на ЮЗ по Кувет-Иультинскому глубинному разлому с Пальяваамским мегасинклином, сформированным на месте максимального прогибания, а на СВ — по Север-

ному глубинному разлому — с Чауно-Иультинским мегаантиклинорием, включающим Кузквуньский горст-антиклинорий. В ядре последнего обнажены отложения  $C_1$ ,  $P_3$  (?) и гранитоидные интрузии ( $MZ_3$ ), а на крыльях — породы триаса. Мощность отложений перми и мезозоя в Центральной зоне средняя. В Кузквунском антиклинории близость фундамента (на глубине 5 км) обуславливает спокойный характер складчатости.

В Иультинском рудном узле рудоносные интрузивы внедрились на 100–120 млн. лет позже завершающей мезозойской геосинклинальной складчатости ( $T_3$ ) в брахиантиклинали, в участке пологого моноклиального залегания песчано-сланцевых пород геосинклинального (?) этажа, внедрившимися в месте пересечения продольного и поперечного глубинных разломов, синхронно с наложенным Охотско-Чукотским интрузивно-вулкано-генным поясом. Месторождение Чаантальское залегает в эндо- и экзо-контакте Иультинского массива биотитовых гранитов, в ороговикованных сланцах и песчаниках  $P_2$ . Месторождения Северного рудного узла залегают в осадочных породах ( $P_2$ ) и гранитоидах иультинского типа.

Кузквунь-Экеатапский узел включает оловянно-вольфрамовые месторождения Кузквуньское, Майнское, Снежное и рудопроявления, приуроченные к штокам гранитов иультинского типа или их кровле. В Куйвиевемо-Гыргычанском оловоносном рудном узле на западе Чукотки вольфрамовая минерализация отмечается в месторождениях Грейзеновое и Гыргычан. Штокверковое оловянно-вольфрамовое месторождение Нагорное расположено в ороговикованных песчано-сланцевых породах. В Акваамском рудном узле, как и в других районах развития гранитоидов (К), имеются кварцевые и кварц-турмалиновые жилы с касситеритом, вольфрамитом и шеелитом. Месторождение Иультин, залегающее в геосинклинальном этаже в отложениях ( $C_3$ ) мезозойской или молодой (эпигерцинской) платформы, более перспективно, чем месторождение Чаантальское и месторождения Северного рудного узла, залегающие в породах  $P_2$  мезозойского геосинклинального этажа или чехла (по М.В. Муратову) молодой платформы. Это, по-видимому, противоречит мнению, что рудные поля месторождений Иультинского узла, исключая Иультинское, — корневые части рудных полей.

*Яно-Колымо-Инди-Гирский сегмент.* В этом сегменте вольфрамовое ору-денение имеется во всех продольных структурно-формационных и соответствующих им металлогенических зонах (указаны в скобках): При-колымских горст-антиклинориях (олово-вольфрам-редкометалльная), При-разломном Иньяли-Дебинском (сурьмяная), главном Яно-Колымо-Инди-гирском прогибе (оловоносная), антиклинориях Западно-Верхоянском и др. (полиметаллическая с олово и вольфрамом). В вольфрамоносных структурах развиты мезозойские и слабее — кайнозойские интрузивы.

По Б.Л. Флерову, все гранитные интрузивы постгеосинклинальные. Последовательно образовались дайки диоритов ( $J_3$ ), плутоны гранодиоритов и адамеллитов, лейкократовые аляскитовые граниты, дайки варьирующего состава (от диоритов до лампрофиров). Магматических комплексов пять, из них господствуют мезозойские: 1) доверхнетриасовый — дайки, линзы, силлы диабазов, сходных с таковыми траппового комплекса Сибирской платформы; 2) "добатолитовый", по Ю.А. Билибину, — малых интрузий (дайки, реже штоки диоритовых порфиритов, диоритов, кварцевых

реже гранодиорит-порфиров) длиной свыше 1000 км, в зоне глубинных разломов в терригенной толще, возникших в юго-западном борту Инъяли-Дебинского синклинория в главную ( $J_{1-3}$ ) фазу складчатости на участках, содержащих простой туфогенного материала; 3) Басугуныно-Хатыннахский — небольшие массивы плагиогранитов, гранодиоритов, диоритов и т.д.; 4) Колымский — плутона микроклиновых гранитов (абс. возраст 129–166 млн. лет), сформированных по завершении главной геосинклинальной складчатости (конец  $J_3$ ) в средние этапы развития подвижного пояса (по Ю.А. Билибину), удлиненные вдоль складок верхоянского комплекса и образующие три пояса — Северный, Главный, Таскыстабытский, вдоль глубинных разломов, ограничивающих Колымский срединный массив и др. 5) Омсукчанский (штоки, линзы, дайки, реже силлы, лакколлиты), сформированный в полуплатформенных условиях на малых глубинах в зоне глубинных разломов, секущих складки верхоянского, и в Балыгычано-Сугойской и других наложенных грабеноподобных впадинах, где они прорывают сеноман-сенонскую вулканогенную толщу. В одних районах их слагают граниты повышенной основности, в других — габбро, габбро-диориты, диориты, гранодиориты, лейкократовые граниты и аляскиты (абс. возраст 56–96 млн. лет).

Яно-Колымская складчатая система развивалась в два этапа. В геосинклинальный этап ( $PZ_3-J_2$ ) сформирован верхоянский комплекс ( $P_1$ , местами  $J_1$  и  $J_2$ ) — песчано-сланцевые толщи (аспидная формация) мощностью 15–16 км с ничтожным развитием вулканитов и известняков. В среднем триасе в районе Верхоянского хребта возникло поднятие, а Инъяли-Дебинский синклинорий (наиболее прогнутая часть) прогибался вплоть до верхней юры (юрские толщи здесь многокилометровые). К синклинорию приурочены позднеорогенные плутоны гранитоидов ( $K_1$ ). В верхней юре-нижнему мелу происходили мощная складчатость, воздымание территории, образовались разломы, внедрились позднеорогенные интрузии гранитоидов, наложился крупные впадины и Приверхоянский краевой прогиб. После замыкания геосинклинали возникли Балыгычано-Сугойская, Нельгехе-Дербекинская и другие структурно-металлогенические зоны с месторождениями оловянно-вольфрамовой формации кварц-турмалин-хлоритовой группы. Месторождение Илингас в отличие от других той же формации и группы существенно вольфрамовое (ферберитовое), залегает в альпийском геосинклинальном этаже ( $T_1$ ) и связано с гранитами ( $MZ_3$ ).

В олово-вольфрам-редкометальной зоне, где развиты мощные карбонатные толщи и плутоны гранитов ( $J_1-J_3$ ), встречаются проявления грейзеновой группы формаций, связанные с аляскитами поздних интрузивных фаз, а в экзоконтактах — скарновой группы.

Рудопроявления вольфрамовой формации березитовой группы ассоциируют с доботолитовыми малыми интрузиями ( $J_3$ ) и колымским интрузивным комплексом, приурочены к Инъяли-Дебинскому синклинорию.

В полиметаллической зоне Западно-Верхоянского антиклинория в мраморизованных известняках в толще ороговикованных глинистых сланцев с прослоями конгломератов и песчаников ( $T$ , альпийский геосинклинальный этаж или чехол платформы), прорванных штоками гранодиоритов и обильными дайками (абс. возраст 125–130 млн. лет) кварцевых порфиров, плагиопорфиров, гранодиорит-порфиров, реже — лампрофиров и

диоритов (среди даек есть апофизы плутона гранодиоритов) расположен ряд месторождений (Агылки и др.) скарновой группы.

В месторождении Учамы, по В.Н. Воеводину и др., в центральную часть трубчатого рудного тела (трубка взрыва) внедрился шток гранит-порфи́ров. Шток окружен брекчией пород с калишпатовым и кварц-калишпатовым цементом с вкрапленностью вольфрамита, а дальше — прожилками того же состава. В гранит-порфирах и ороговикованных терригенных породах выявлены жилы и прожилки с вольфрамитом, а в удалении от них — кварц-сульфидные прожилки.

В миогеосинклиальной зоне в пределах Бохачинской зоны пологих дислокаций и Аян-Юрхского антиклинория среди песчано-сланцевых толщ экзоконтактной и надынтрузивной зон орогенных гранитоидных плутонов ( $K_1$ ), локализованных на пересечении продольных и поперечных региональных разломов, и в их эндоконтактах, встречены месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (Бутугычак и др.). Такое вольфрамовое оруденение приурочено к глубинным разломам, опережающим граничные разломы эвгеосинклиальных зон. Месторождения находятся в экзоконтактах средне- и позднеорогенных интрузивов лейкогранитов и в них самих. Молибден-вольфрамовая формация грейзеновой группы приурочена к гранитным штокам.

В Анюйской миогеосинклиальной зоне — составном звене Чукотской складчатой системы — имеются жильные месторождения и рудопроявления вольфрамовой формации березитовой группы. В основании зоны залегают известково-сланцевые отложения ( $PZ_{2-3}$ ), они перекрыты терригенной толщей ( $T, J_3, K_1$ ). Магму контролируют северо-западные и субширотные глубинные разломы, к ним примыкают нарушения типа сбросов, взбросов, контролирующих антимонитовое оруденение, залегающее в силах диабазов, штоках и дайках диоритов. Считают, что оруденение связано с комплексом пород основного и среднего состава. Но рудные узлы тяготеют к внешним контурам контактовых ореолов массивов гранитоидов поздней фазы, по отношению к ним вольфрамовое оруденение зонально сменяется сурьмяным. Абсолютный возраст оруденения (86—96 млн. лет), таков же, как и поздних гранитоидов, а силлы диабазов, малые интрузии и дайки диоритов, трансирующие разломы, были структурными ловушками, благоприятными для рудоотложения.

На Тамватнейском ртутно-вольфрамовом месторождении вольфрам содержится в гипогенном тунгстените, частью в гюбнерите и шеелите (Воеводин и др., 1981 г., и др.). Руды локализованы в глинисто-сульфидно-кварцевых и гидрослюдисто-кварцевых метасоматитах (аргиллизитовая (?) группа формаций). Оруденение сформировано вслед за кайнозойской протрузией массива серпентинитов.

В этом регионе в отложениях фундамента месторождений вольфрама нет.

*Мезозойды Юго-Восточной Азии.* В пределах Индокитая и островов Зондского архипелага сопрягаются Средиземноморский и Тихоокеанский подвижные пояса. Здесь имеется докембрийский Индосинийский массив. На северо- и юго-востоке он граничит с зонами герцинской складчатости, на западе и востоке — с зонами индосинийской складчатости, соответственно Бирмано-Малайской и Северо-Вьетнамской.

По. Ю.С. Постельникову, Ю.М. Пушаровскому, И.Н. Томсону, Ю.Г. Гатинскому и др., развитие региона было сложным. Фундамент мезозоид включает образования  $Pr \in -PZ_2$ ; геосинклинальное развитие мезозоид имело два подэтапа — D—C, завершившийся, возможно, образованием гранитов в  $D_3 - C_{1-2}$ , и P— $T_3$ . В верхнем карбоне и триасе изливались лавы риолитов и липаритов. С триаса по палеоген неоднократно внедрялись гранитоиды. В триасе это были роговообманково-биотитовые граниты, гранодиориты и монзониты, сопровождающиеся полиметаллическими, железо- и оловорудными месторождениями. В центральной части Индокитая эти гранитоиды несогласно перекрыты отложениями J. В  $T_2 - J_1$  (212—170 млн. лет) произошла индосинийская складчатость, соответствующая, как считают некоторые исследователи, столкновению древних континентальных блоков на востоке Азии. 168—140 млн. лет назад осуществилась раннеяньшаньская складчатость и начал образовываться Индийский океан. Юрские континентальные красноцветы Северного Вьетнама относят к платформенному чехлу. 116—85 млн. лет назад ( $K_{1-2}$ ) произошла позднеяньшаньская складчатость, в мелу же и кайнозой осуществлялись процессы ТМА. 77—53 млн. лет назад проявилась ларамийская складчатость ( $K_2 - P_1$ ). В кайнозой образовались наложенные впадины; в зоне меридионального глубинного разлома, разобщающего области кайнозойской и мезозойской складчатости, изливались, с верхнего мела и в кайнозой эффузивы.

В Индосинийском массиве вольфрамовые проявления оруденения редки и незначительны. На территории Кампучии и Лаоса имеются проявления молибден-вольфрамовой формации. В Северо-Вьетнамской складчатой системе, где проявился, по данным Э.П. Изоха, верхнемеловой гранитоидный магматизм, имеются редкие месторождения — Пиа Оак и другие оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. Главный рудный пояс расположен в Бирмо-Малайской зоне индосинид. Эта складчатая зона образовалась на территории миогеосинклинали, заложенной в протерозое или кембрии, она граничит по зоне тектонического шаарунга на востоке и по глубинному разлому на западе с кайнозойской структурой Бирмы и Индонезии. Рудный пояс (3000 × 100—150 км) субмеридиональный, протягивается вдоль интрагеоантиклинали через территории Бирмы, Таиланда, Малайзии до о-ва Биллитон, на большом протяжении (1300 км) — вдоль п-ова Малакка, будучи приурочен к западному контакту плутона гранитоидов Главного хребта. Здесь рудный пояс подразделяют (Pongprot Asnachinda, 1978 г.) по возрасту оруденения на три субмеридиональных пояса (рис. 39). Они сформированы в три металлогенические эпохи:  $S_3 - P$  (Восточный пояс), T (Центральный пояс) и K—Tr — ларамийскую (Западный пояс). Эти пояса сменяют один другой с юга на север. В целом рудный пояс в южной части занимает окраинно-материковое положение, в северной (на территории Бирмы) — внутриматериковое, раздваивается на две ветви — западную (более протяженную) и восточную. Отмечается продольная зональность пояса: в южной части полуострова расположена часть Восточного пояса, севернее — часть Центрального пояса, еще севернее — Западный пояс, ограниченный на юге диагональным разломом Клонг Маруи сколового типа. Пояс включает месторождения оловянно-вольфрамовой

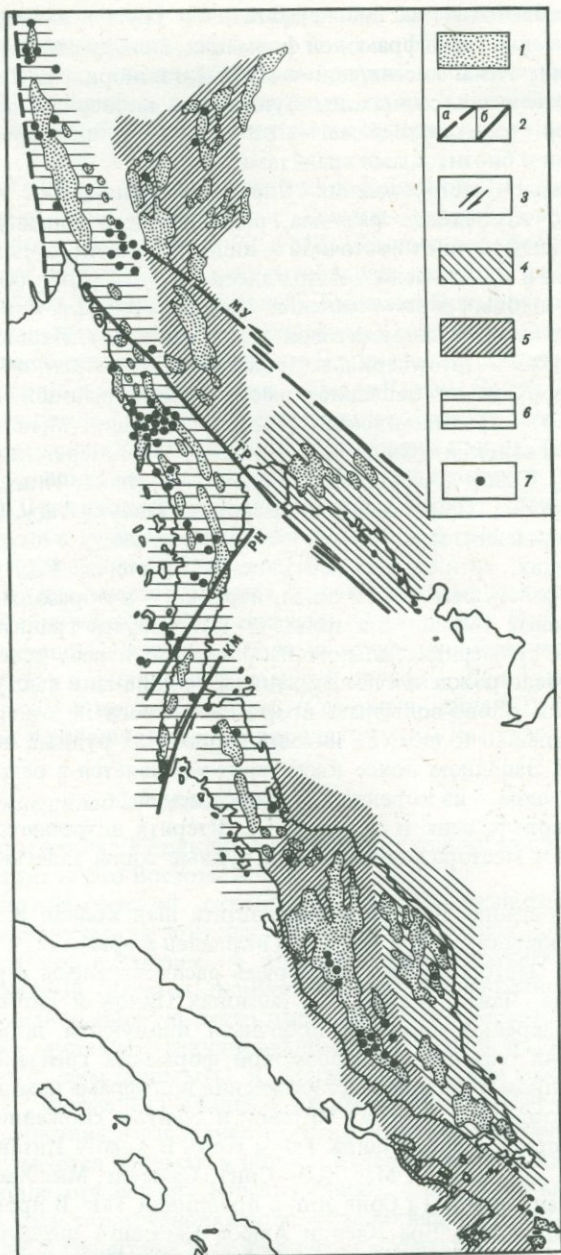


Рис. 39. Размещение вольфрам-оловорудных и оловорудных поясов на Бирма-Малайском полуострове, по Понгпор Асначинде, 1978 г. Материалы Тихоокеанского Конгресса в г. Бангкок

1 - гранитоиды; 2 - разломы (а) и сколовые зоны (б): *МИ* - Моей-Утай Тани, *ТР* - Три Пагода-Ратбури, *РН* - Ранонг, *КМ* - Клонг Маруи; 3 - главные направления перемещений по разломам сколового типа; 4-6 - вольфрам-оловорудные и оловорудные пояса: Восточный (4), Центральный (5), Западный (6); 7 - Месторождения

формации грейзеновой, частью пегматитовой групп; имеется два месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации. Вольфрамсодержащие месторождения приурочены к северной части антиклинория, к Западному рудному поясу, где имеются выходы фундамента мезозойд и проявился наиболее молодой гранитоидный магматизм (K<sub>2</sub>–Tr), представленный здесь двуслюдяными и биотитовыми гранитами.

Вольфрамовые месторождения Бирмы располагаются восточнее меридионального глубинного разлома, разобщающего западную, кайнозойскую зону складчатости от восточной – индосинийской. По данным Е.Л. Дана, Е.А. Клегга и Ф. Альфельда и др., здесь имеется около 600 плутогенных вольфрамитовых месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой и изредка пегматитовой групп (рис. 39). Первые представлены жилами, реже – штокверками прожилков, очень редко – трубчатыми телами. С севера на юг выделяют шесть рудных районов (в скобках – месторождения): 1) Яметинский (Бьингье, Хмапия, Мьимати); 2) Кая (Маучи); 3) Таонский (Зингьейк, Хтипер); 4) Амеретский (Билугьон, Сакангия); 5) Тавой (Хермингги, Канбаук, Таугшила, Тингендон, Пуллетто, Виднес, Пагайе, Хнаунгдав); 6) Мергуи (Палаук, Тагу, Йенган, Маливун). Месторождения залегают обычно в отложениях геосинклинального этажа – сланцах, аргиллитах, песчаника и кварцитах PZ<sub>3</sub> и в гранитах экдоконтактовой и апикальной зоны, изредка – в образованиях каледонского фундамента (Маливун в толще E–O), там, где гранитные массивы, удлиненные в субмеридиональном направлении, имеют северо-восточные ответвления, месторождения локализованы и вдоль этих выступов.

Соотношения олово-вольфрам возрастают с юга на север, в гранитах или по направлению к ним, на нижних горизонтах рудных полей, а также в россыпях. В Западном поясе касситерит добывается в основном из россыпей, в восточном – из коренных месторождений.

В Пагайе вольфрамит и немного касситерита встречаются в пегматитах. В крупном месторождении Маучи рудные жилы залегают в гранитах и известняках.

В рудном регионе Яметин на юге штата Шан вблизи и Хехо шеелит встречается в известняке, а в Минтати вкрашен в гранитах.

В Тайланде месторождения вольфрама распространены в регионе Меса-риенг (Мелама, Чанта, Камфу). В регионах Пилок и Ратбури в округе Канчанобури нередко является побочным продуктом добычи олова в месторождениях оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. В Северо-Западном Тайланде месторождения вольфрама находятся в основном в меридиональных хребтах Интанон и Кунтан, сложенных гранитами разного возраста, и в провинциях Так и Прае. В хребте Интанон это месторождения Паи (провинция Мае Хонг Сон), Самоенг, Мае Хаем и Олкон в провинции Чианг Май и Та Сонг Янг в провинции Так. В провинции Чианг Май (в рудниках Мае Бое Каев и Амрое Самоенг) шеелит находится в полевошатовых и кварц-полевошатовых жилах. В хр. Кунтан месторождения вольфрама находятся в провинциях Чианг Раи (Мае Чан, Бианг Па Пао) и Лампанг (Чае Хом, Ханг Чат и Ко Ка).

Жильные и пегматитовые месторождения находятся также в гранитах (Т) или на их контакте с метаосадочными породами, а также в последних (сланцы, филлиты, кварциты, мраморы или мраморизованные известня-

ки фундамента мезозой) например, жилы месторождения Мае Лама. Имеются и скарновые проявления.

В Юго-Восточном Тайланде граниты редки, наиболее обычны адамеллиты (Т). Они внедрились в аргиллитовую серию Канчанабури и песчанистую серию группы Корат. Здесь вольфрамит сопровождает касситерит в россыпях.

В Южном Тайланде выходы гранитных плутонов (К) распространены эшелонированно вдоль полуострова. Граниты интродировали глинистые сланцы, песчаники и известняки PZ и MZ. Немного вольфрамита встречается в кварцевых жилах и в касситеритоносных лепидолитсодержащих пегматитах, подобных таковым Северного Тайланда. Вольфрамит также добывается в элювиальных россыпях. В провинции Сугат Тани имеется скарновое вольфрамит-шеелитовое месторождение Ченкит в известняках.

Наиболее крупные месторождения – Ампое Чаванг, Након Си в провинции Таммарат. Вмещающие породы – кварциты, граувакки, красноцветы, филлитовые сланцы серии Канчанабури, подстилающей известняк Ратбури. Они прорваны двуслюдяными гранитами ( $K_2$ ), с которыми и связано оруденение. На о-ве Пукет находится месторождение Крамат-Пулаи, представленное двумя шеелитоносными трубчатыми телами флюоритовых грейзенов, залегающими в известняках Рауб.

Имеются и два месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации, связанные с кайнозойским вулканизмом. Одно из них Као Соон (Южный Тайланд) представлено жилами и зонами оруденелой брекчии в орговокованных кварцитах и филлитовых сланцах, другое – Дон Там Нгоам Амрое Лонг – находится в провинции Прае (Северный Тайланд). Руда заполняет полости в брекчированных горных породах группы Лампанг.

### *Кайнозойские складчатые области*

В эту группу входят Корякско-Камчатская складчатая область и островные дуги Востока и Юго-Востока Азии.

В Корякско-Камчатской складчатой области различаются Охотско-Чукотская вулканическая зона длиной 3300 км, шириной 200 км, несогласная с простираем мезозойд, но согласная с простираем Охотско-Ниппонской складчатой системы, приблизительно вдоль краевого шва, разграничивающего кайнозойскую эвгеосинклинальную и мезозойскую миеосинклинальную системы с редуцированными поздними стадиями развития. Здесь распространены породы (J, K, частью P–N). Среди геосинклинальных отложений ( $J_3$ , частью  $T_3$ ) обильны средние и кислые эффузивы. Отложения  $K_1$  – геосинклинальные и субаэральные осадочно-вулканогенные (охотская серия). Имеются базальты и породы угленосной молассы (Tr).

Вольфрамовое оруденение гораздо слабее, чем в зоне мезозойд. Здесь имеется вольфрам-молибденовая зона, объединяющая рудные узлы и поля, ассоциирующие с гранитами и реже с гранодиоритами Охотского комплекса. Интрузивы, образующие цепочки, приурочены к окраинам жестких масс, к тем же зонам глубинных разломов, что и вулканы. Интрузивы гранодиоритов (абс. возраст 101–120 млн. лет) прорывают андезиты охотской серии ( $K_1$ ) и перекрыты липаритами эвенкской серии ( $K_2$ ). Вольфрамит и молибденит встречаются в пегматитах, выявленных в гранитных

массивах, чаще в проявлениях грейзеновой группы формаций, залегающих в эндоконтактах плутонов, реже в роговиках, а также в рудопроявлении кварц-турмалин-хлоритовой группы, связанном с гранодиоритами охотского комплекса.

Корякская складчатая зона сложена терригенными геосинклинальными отложениями (К и Тг) мощностью до 25 км. Здесь имеется кремнисто-вулканогенная формация (К<sub>2</sub>). Местами встречаются отложения (S, D, C<sub>1-2</sub> и P<sub>1</sub>). Завершающая складчатость произошла в конце мела и в миоцене. Слабое вольфрамовое оруденение связано с комплексом (N<sub>1</sub>?) — гипабиссальными или субвулканическими телами (штоки и дайки диоритов, кварцевых диоритов, гранодиоритов и гранитов), образующими в антиклинории пояс длиной до 100 км вдоль глубинного разлома.

Из окаймляющих материк островных дуг вольфрамовое оруденение имеется на островах Сахалин, Хонсю, Кюсю и Рюкю. На о-ве Сахалин месторождения вольфрама и сурьмы локализованы в трех металлогенических зонах, протягивающихся вдоль крупных субмеридиональных разломов: Западно-Сахалинской миктогеосинклинальной, Восточно-Сахалинской эвгеосинклинальной и расположенной между ними Центральной или Тымь-Поронайской, протягивающейся вдоль глубинного разлома (взбросо-сдвиг). В Западной зоне, контролируемой центрами базальт-дацитового вулканизма (N) и небольшими среднемиоценовыми интрузивами и дайками пород диоритовой формации, шеелит встречается, наряду с сульфидами ртути, в шлиховых ореолах. В Центральной зоне минерализация вольфрама встречается в блоке кремнисто-вулканогенных образований (PZ—MZ), вмещающем ртутно-сурьмяно-вольфрамовое месторождение Ясное, находящееся в центре Палевского ртутного поля, и в Иньском ртутно-полиметаллическом месторождении, расположенном среди среднемиоценовых субинтрузивных и эффузивных образований андезито-базальтовой и диоритовой формаций.

Ртутно-сурьмяно-вольфрамовые месторождения Сахалина парагенетически связаны, по данным В.С. Рождественского и В.Я. Данченко, с ртутными месторождениями во вторичных кварцитах и часто сочетаются с медно-свинцово-цинковым оруденением. Интрузивные породы представлены дайками и силлами габбро-диабазов, диабазовых порфиритов, локализованными в разломах, и редкими небольшими телами габброидов, секущими кремнисто-вулканогенную толщу. Рудные тела локализованы вдоль разломов в крыле антиклинали в кремнистых породах и эффузивах, тяготеют к дайкам и покровам основных пород и к горизонтам известняков. Иньское месторождение приурочено к крупной вулканоструктуре в восточном крыле Томь-Поронайского разлома, на его пересечении ветвью широтного разлома.

Территория Японской островной дуги делится на поперечные Северо-Восточный и Юго-Западный сегменты, разобщенные субмеридиональным глубинным разломом Фосса Магна (Большой Ров), протягивающимся с материка Азии и продолжающим систему разломов вулканической гряды [62, 63], а также на продольные структурно-формационные зоны. Месторождения и рудопроявления вольфрама (их 130) имеются в обоих сегментах. К разлому Фосса Магна приурочены основные и средние, частью кислые вулканиты — формация зеленых туфов (N), вдоль западной части

северо-восточного сегмента. В этой зоне развиты в основном осадки и вулканиды (Tr и Q), перекрывающие донеогеновый фундамент. Этим зонам соответствует западная металлогеническая область. Восточнее располагается другая структурно-формационная (и металлогеническая) зона — Китаками-Абукума, в которой обнажены геосинклинальные комплексы (PZ). Имеются вольфрамовые месторождения — Уэцу (Mo, Sn, W), Токатори (Sn, W) и Китаками (W), а также месторождение Асио (Cu, Pb, Zn, W) (Tr<sub>3</sub>).

Юго-западный сегмент разделен на пять продольных зон (с запада на восток): Хида, Сангун-Ямагути, Рёке, Самбагова-Титибау, Симанто. Им соответствуют металлогенические зоны. Здесь распространены осадочные и метаморфические образования (PZ—MZ), кайнозойские развиты слабо. В зонах 1—3 ("Внутренний пояс") накопление мезозойских комплексов прерывалось образованием надвигов и складок. Развиты вулканиды и граниты (K). Для зоны 3 характерны граниты (MZ<sub>3</sub>). Зоны 4 и 5 ("Внешний пояс"), разобщенные с этими продольным разломом — "Медианой", соответствуют бывшей энсиматической эвгеосинклинали. Здесь развиты пояса основных и средних эффузивов (PZ, MZ). В зоне 4 преобладают осадочные отложения (PZ, MZ), подвергшиеся складчатости и метаморфизму в позднем мезозое. Зона 5 сложена мощными толщами обломочных пород (K и KZ<sub>1</sub>), смятых в складки в среднетретичное время, верхнемиоценовые и плиоценовые осадочные породы, позднемиоценовые граниты.

В южной части Внешнего пояса геосинклиналь прогибалась и в меловое-раннетретичное время, складкообразование и метаморфизм имели место в олигоцене — раннем миоцене. Породы различных формаций распределены зонально, зоны разделены разломами, параллельными Медиане. Третичные гипабиссальные граниты распространены здесь ограничено. Во Внутренней зоне широко развиты осадочные отложения (PZ), интродуцированные до-мезозойскими, позднемеловыми и третичными гранитами. В зоне Хида — фрагменте докембрийского массива, связанного со шитом континента [62, 63], сложном гнейсами и метаморфическими сланцами фундамента (?) геосинклинали, месторождений вольфрама нет. С вулканидами (N) связаны W-содержащие месторождения серицито-кварцевой группы формаций.

Большая часть промышленных месторождений вольфрама находится на острове Хонсю — единственном, имеющем сиалическую кору и максимальную глубину поверхности Мохо — 12—35 км, во второй зоне юго-западного сегмента, которая соответствует бывшему терригенному прогибу, развившемуся на сиалическом фундаменте, и представляет отторженец континента Азии с мощным гранитным слоем. Здесь месторождения вольфрама в основном позднемезозойские, плутоногенные, оловянно-вольфрамовой формации (Сетоути, Киото, Наэги) (рис. 40). Имеются два продольных пояса месторождений вольфрама — позднемеловой и третичный. В первом оруденение связано с плутонами гранитов (K<sub>2</sub>, абс. возраст 90—70 млн. лет). Здесь проявлена поперечная зональность. На самом западе в третьей зоне находятся месторождения (Куга, Кивада) медно-вольфрамовой формации скарновой группы в известняках (PZ). Восточнее проходит пояс молибден-вольфрамовых месторождений, еще восточнее, в мио-

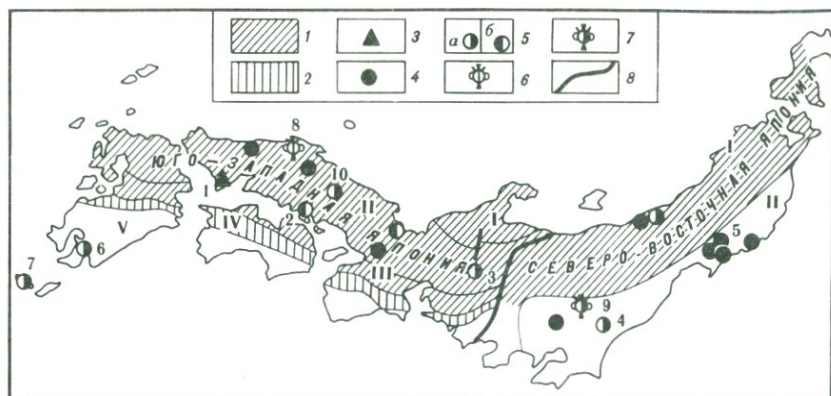


Рис. 40. Положение месторождений оловянно-вольфрамовой формации в структурно-формационных зонах Японской островной дуги. С использованием материалов Е.А. Радкевич (1977 г.). Тектоническая основа по Т. Мацуде и Н. Китауре, 1977 г. Врезка 3 к рис. 21

Структурно-формационные зоны (цифры в кружках): 1 — миогеосинклинальная; 2 — эвгеосинклинальная. В Юго-Западной Японии: 1 — зона Хида, зона Сангук-Ямагути, 3 — Рёке, 4 — Самбагава-Титибау, 5 — Симанто. В Северо-Восточной Японии зоны: 1 — зеленых туфов, 2 — Китаками-Абукүма, 3 — Японского жёлоба. 3 — Разломы, 4 — месторождения меловые и раннетретичные: 1 — Куга, 2 — Сетоути, 3 — Наэги, 4 — Такатори, 5 — Китоками; поздне-третичные: 6 — Кагосима, 7 — Яну, 8 — Икуно-Акенобе, 9 — Асио, 10 — Тиото

геосинклинальной зоне пояс оловянно-вольфрамовых месторождений (Танеучи, Отани) — самое крупное из вольфрамовых — шеелитовое. Имеется пояс вулканоплутоногенных месторождений (Асио, Акенобе), ассоциирующих со штоками гранитоидов (Tr, абс. возраст 70–55 млн. лет).

Зональность объясняется размещением меловых и третичных магматических комплексов и структурными условиями становления интрузивных тел. Зональное распределение гранитоидов, характеризующихся повышенной фугитивностью фтора, хлора и бора (в связи с этими гранитоидами развито оловянно-вольфрамовое оруденение) и кислорода (с этими гранитоидами связано молибден-вольфрамовое оруденение). По данным Теусуе и Ишихары (1978 г.), зонам распространения месторождений вольфрама различных формаций, их групп соответствуют различные глубины залегания сейсмофокальной поверхности: пояса месторождений вольфрамо-оловянной формации (плутоногенные и вулканоплутоногенные) размещаются в 500–600 км от нее.

Вулканоплутоногенные месторождения оловянно-вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы представлены месторождения Икуно-Акенобе (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, W, As). В пятой зоне известны два оловянно-вольфрамовых месторождения (Tr): на островах Кюсю-Кагосима и на северном острове дуги Рюкю.

Значительная часть вольфрама заключена в оловорудных месторождениях, образованных в верхнемеловую, палеогеновую (наиболее важную) и миоценовую металлогенические эпохи. Верхнемеловые месторождения и оловорудные миоценовые причем и во Внешней (Обира, Кагосима, Якусима) и во Внутренней (Икуно-Акенобе) зонах, распространены в основ-

ном во Внутренней зоне Юго-Западного сегмента, палеогеновые олово–вольфрамовые района Уэцу в Северо-Восточном. Верхнемеловые и палеогеновые месторождения оловянно-вольфрамовой формации относятся к пегматитовой, чаще грейзеновой группе, в основном к серицит-кварцевой группе.

Миоценовые граниты и третичные оловянно–вольфрамовые месторождения юго-западного сегмента расположены в секущем продольные структуры поясе. Часть пояса, несущая вольфрамовое оруденение, вовлечена в поднятие раньше остальной части Японских островов и Курильской островной дуги. Четвертая зона, расположенная на границе континентального блока с океаническим, лишена месторождений вольфрама.

Зоны кайнозойской складчатости Юго-Востока Азии, в которые входят острова Индонезии и Филиппин, месторождениями вольфрама бедны, в отличие от месторождений олова. Их фундамент слагают породы  $PZ_3$  и кристаллические сланцы неизвестного возраста. Миогеосинклиальная зона занимает осевую часть Индонезийской островной системы от Бирма-Малайского полуострова до о-ва Банка. С ней граничат на востоке и западе эвгеосинклинали. Вольфрамит встречается на ряду с касситеритом и обильными сульфоарсенидами и сульфидами (арсенопирит, пирит, сфалерит и галенит) на острове Биллитон – в некоторых жилах касситерит-сульфидного месторождения Клаппа Камшит и в трубчатых кварцеворудных телах месторождения Тикус-Майн оловянно-вольфрамовой формации серицит–кварцевой групп.

На Филиппинах – в полициклической палео-мезо-кайнозойской эвгеосинклинали с преимущественно андезитовым магматизмом отмечаются единичные пегматиты, содержащие немного вольфрамита.

### **Альпийско-Гималайский подвижный пояс**

Азиатский сегмент включает большую часть этого подвижного пояса. В последние годы в нем обнаружен ряд месторождений вольфрама новых типов. Это оруденение несут территории Малой Азии, Кавказа, Памира, Таньшаня и Гималаев.

#### *Складчатая система Малой Азии*

##### *(Анатолийский сегмент)*

Вольфрамовые месторождения расположены в Анатолийской металлогенической зоне, соответствующей срединному массиву – участку Аравийско-Африканской платформы, отчлененному геосинклиальной зоной. Здесь над скрытыми разломами фундамента в герцинском геосинклиальном этаже встречены плутоногенные месторождения молибден-вольфрамовой формации скарновой группы Улудаг, Телекюй и Кебан ( $PZ_3$ ). Крупное месторождение Улудаг, связано с гранодиорит-гранитным плутоном  $PZ_3$ , прорывающим толщу кристаллических сланцев и мраморов  $PZ_1$  [155]. Перекрывающие с несогласием эту толщу осадочные отложения (С–Р) неметаморфизованы. С тем же плутоном гранодиоритов и габро связано месторождение Телекюй (Инлуфер), а с массивом сиенитов,

рвущим толщу известняков и сланцев  $PZ_3$  (?), связано месторождение Кебан (см. табл. 4).

Вулканогенное месторождение Гюмюслер сурьмяно-вольфрамовой формации (со ртутью) находится в мраморах (PZ), на антиклинали, сложенной еще и филлитами, вблизи туфов и лав (Tr).

На территории Средней Азии в платформенный этап развития ( $T_3-P$ ) в условиях орогенной ТМА образовались вольфрамовые проявления. В Центральных Кызылкумах имеются альпийские секущие и трубчатые тела с вольфрам-сурьмяно-серебряной ассоциацией, контролируемые альпийскими нарушениями (Гарьковец и др., 1980 г.).

Вдоль зон глубинных разломов, активизированных в неоген-четвертичное время, выявлены месторождения гидротермально-осадочного генезиса ("инфильтрационно-осадочные") и W-содержащие скопления окислов железа и марганца: а) в тектонических брекчиях гранитоидов и кислых вулканитах, сопровождаемые кварц-серицит-каолинитовыми метасоматитами (Тоссор, Аксай, Токсонбулак, Марганцевое); б) в кислых вулканитах альпийского орогенного этажа под покровами травертинов (Дукент); в) в молассах альпийского орогенного этажа (MZ) (Кызылташ, Аксай и др.). Вольфрам содержится в бурых (Ангрен, до 0,3%) и каменных (Кок-Янгак, до 0,01%; Байсун, до 0,006%) углях киммерийского платформенного этажа (J). Встречаются пласты песчаников чехла, содержащие до 1%  $WO_3$  (Джидалик). Источником вольфрама являются коры выветривания вулканитов и эндогенные месторождения. Среди терригенно-карбонатных отложений альпийского этажа ( $P_2$ ) на глубине до 200 м распространены вольфрамоносные горючие сланцы (Кызылкумский, Амударьинско-Предгиссарский бассейны), где W связан с органическим веществом (0,1% W) [45].

Известны азотно-щелочные трещинно-жильные термальные воды в разломах глубокого заложения среди гранитоидных массивов и рассолы озер аридных зон, содержащие до 300 мкг/л вольфрама.

Вольфрамовые проявления имеются в складчатых системах Северного и особенно Южного Памира. В Западном Памире в палеогене в процессе ТМА на границе срединного массива образовались шеелитовые, богатые сульфидами вулканоплутоногенные месторождения и рудопоявления (Икар, Хуф). Поисковый признак — метасоматиты пропилитовой группы формаций (по Н.В. Скоробогатовой).

Итак, в Азии имеется вольфрамовое оруденение плутонической, вулканоплутонической и вулканической ассоциаций. Оно сосредоточено в основном в Урало-Монгольском, Тихоокеанском, Альпийско-Гималайском подвижных поясах, в активизированных участках щитов и платформ, в сегментах островных дуг, имеющих достаточно мощную земную кору и гранитно-метаморфический слой.

Для Урало-Монгольского пояса характерны в основном герцинские плутоногенные месторождения W (абс. возраст 300–270 млн. лет). В разных сегментах пояса характер оруденения различен. Он обусловлен особенностями литологического разреза, а также петрохимическим составом и структурными условиями становления синхронного оруденению магматического комплекса. В основном это оруденение грейзеновой группы формаций молибден-вольфрамовой (в Центрально-Казахстанском и Гор-

но-Алтайском сегментах) и оловянно-вольфрамовой (в Восточно-Казахстанском и частично в Средне-Азиатском сегментах). Реже встречается скарновое оруденение тех же формаций (в Южном Тянь-Шане).

В каледонидах Салаира выявлены каледонские проявления вольфрамовой формации скарновой группы, образовавшиеся в орогенный этап. В каледонидах Центрального Казахстана оруденение сформировано уже в герцинское время. Молибден-вольфрамовая формация в разных участках рудного пояса представлена месторождениями с различной ролью главных металлов. Так, в пределах Урала (провинция офиолитового типа) эти месторождения существенно вольфрамовые (гюбнеритовые), а в Центральном Казахстане (субазральный кислый вулканический пояс) в них повышена роль молибдена, распространены и существенно молибденовые месторождения вулканоплутонической ассоциации; вулканическая ассоциация не проявилась.

Больше других богат вольфрамом Тихоокеанский подвижный пояс. Здесь месторождения W имеются на активизированных щитах (Сино-Корейский) и платформах (Южно-Китайская, возможно, Ново-Сибирская), а также в ранне- и позднепалеозойских, мезозойских и кайнозойских складчатых системах. Месторождения плутоногенные, в основном оловянно- и молибден-вольфрамовой формации пегматитовой, скарновой, грейзеновой групп. Реже встречаются месторождения золото-вольфрамовой формации вулканоплутонической и изредка — вулканической ассоциаций. Строение этого рудного пояса, как известно, зональное. Плутоногенные месторождения распространены в геоструктурах различных типов, в том числе на активизированных щитах.

Из вулканогенных месторождений встречаются в самой внешней зоне Тихоокеанского подвижного пояса сурьмяно-вольфрамовые, а также переходные от этих к золото-вольфрамовой (в антеклизе Цзяннаня) или сурьмяно-ртутной (в Агинском срединном массиве) формациям. Ближе к Тихому океану распространены молибден- и оловянно-вольфрамовые месторождения. Во внутренней зоне выявлены вулканоплутоногенные месторождения оловянно-вольфрамовой формации, а также (на Японской островной дуге и частично в Приморье) сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы. Мезозойские вулканоплутонические молибден-вольфрамовые месторождения серицит-кварцевой группы, а также полиформационные, находятся против клиновидного выступа Сибирской платформы, в ореоле мезозойской ТМА эвгеосинклинальной зоны каледонид. Когда на материке образовались уже месторождения, богатые сульфидами (рубеж  $K_1$  и  $K_2$ ), на островных дугах, находившихся на более ранней стадии развития подвижной зоны, даже в верхнем мелу еще формировались малосульфидные месторождения.

В Альпийско-Гималайском подвижном поясе имеются месторождения W, связанные с магматическими проявлениями не только плутонической и вулканоплутонической ассоциации, но и вулканической.

#### IV. ЮЖНАЯ АМЕРИКА

Месторождения вольфрама Южной Америки многочисленны, разнообразны по формационной принадлежности и локализованы в различных структурных элементах земной коры (рис. 41). Плутонические рудные провинции находятся в складчатых системах на продолжении древних авлако-

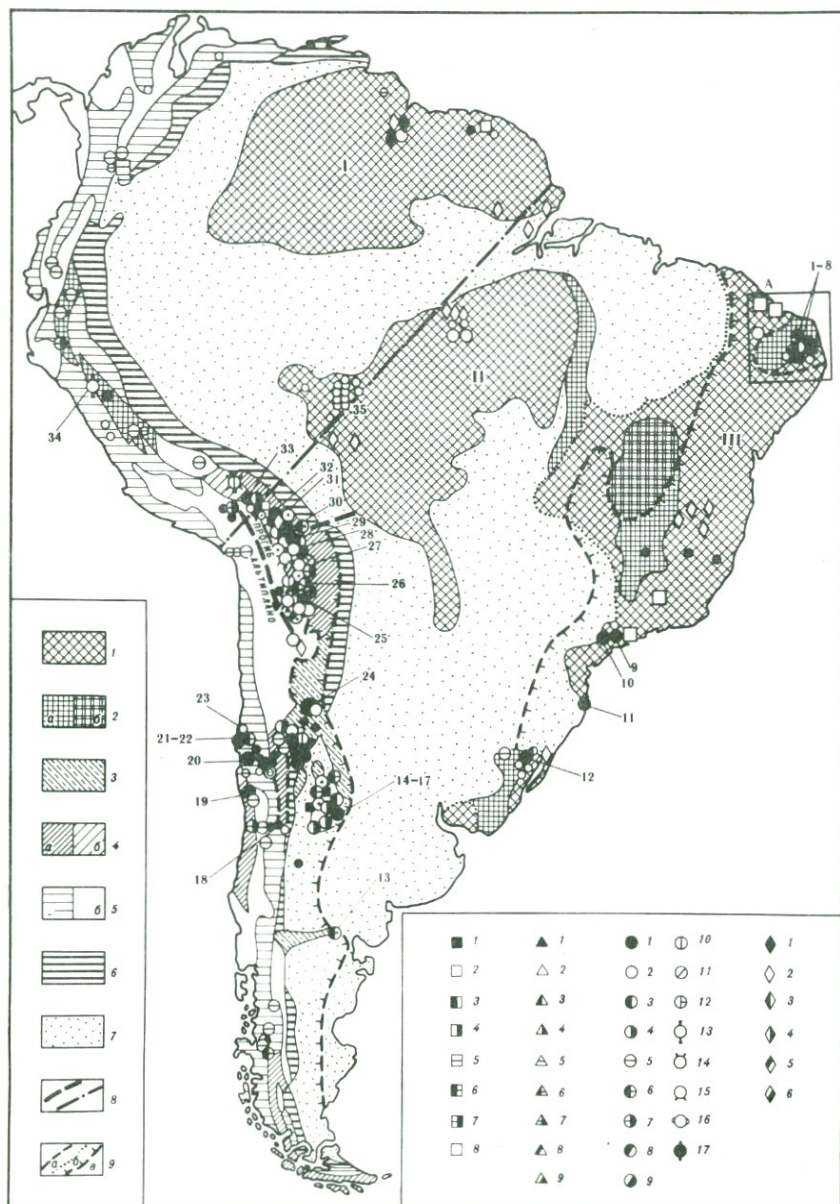


Рис. 41. Вольфрамоворудные пояса и провинции в тектонических структурах Южно-Американского континента. Тектоническая основа по Я.Г. Кацу, В.Д. Чеховичу, Ю.А. Иванову, Т.П. Онофриук

1-7 — комплексы: 1 — добайкальский геосинклинальный, включая первичные ядра консолидации; 2 — байкальские: а — геосинклинальный, б — орогенный; 3 — каледонский геосинклинальный; 4 — герцинский: а — геосинклинальный, б — орогенный; 5 — альпийский: а — геосинклинальный, б — орогенный межгорных впадин; 6 — альпийский орогенных передовых прогибов; 7 — послебайкальский нерасчлененный платформенный; 8 — глубинные разломы: а — ограничивающие межгорный прогиб Альтиплано, б — линеймент Рондонийско-Гвианский. Шиты: I — Гвианский, II — Центрально-Бразильский, III — Восточно-Бразильский; 9 — области активизации: а — байкальской, б — герцинской, в — альпийской. А — контур врезки.

Месторождения: I — пегматитовой группы: 1 — W, 2 — Sn, 3 — Sn-W, 4 — W-Sn, 5 — Mo, 6 — Mo-W, 7 — W-Mo; II — скарновой группы: 1 — W, 2 — Sn, 3 — Sn-W, 4 — W-Sn, 5 — Mo, 6 — Mo-W, 7 — W-Mo, 8 — Au-W, 9 — W-Au; III — гидротермальные разных групп, исключая скарновую: 1 — W, 2 — Sn, 3 — Sn-W, 4 — W-Sn, 5 — Mo, 6 — Mo-W, 7 — W-Mo, 8 — Au-W, 9 — W-Au, 10 — Ag, 11 — Au-Sn, 12 — Sn-Mo, 13 — Zn, 14 — Pb, 15 — Ag-Mo, 16 — Cu, 17 — Sb-W; IV — россыпные: 1 — W, 2 — Sn, 3 — Sn-W, 4 — W-Sn, 5 — Au-W, 6 — W-Au.

Месторождения: 1-8 — Брежу, Бодо, Кафука, Бонито, Малада-Лимпа, Лажис, Барра-Верде, Кишаба; 9 — Иньянджария, 10 — Утуруво, 11 — Морро-де-Раутинга, 12 — Энкрузиляда, 13 — Вальчета, 14 — Лос-Ревентинес, 15 — Лос-Кондорес, 16 — Ля Катансуэла, 17 — Ля Висмутина, 18 — Хосефина, 19 — Ламуко, 20 — Боливиана, 21 — Кастаньедо-де-Ламуко, 22 — Эль-Дуразно; 23 — Миниллас; 24 — Сан-Антонио, 25 — Тасна, 26 — Потоси, 27 — Лялягуа, 28 — Кондок, 29 — Камы, 30 — Чикоте, 31 — Вилоко, 32 — Чохля, 33 — Фабулоза, 34 — Пасто Буэна, 35 — Рондония. Врезка А — см. рис. 45

генов соседней древней платформы (рис. 42), в центральных или периферических участках сводов или вне их (рис. 43).

Все месторождения, независимо от формации, располагаются в участках повышенной мощности земной коры (рис. 44). Мощность земной коры на щитах 40—45 км. На юге Бразилии и в Аргентине мощность "гранитного" слоя 15—16 км, "базальтового" — 24—25 км (Беляевский, 1981 г.).

### Южно-Американская (Бразильская) платформа

На этой платформе<sup>1</sup> вольфрамовое оруденение выявлено в Центрально-Восточно-Бразильском щитах. Центрально-Бразильский щит сложен метаморфическими породами (AR-R), местами перекрыт мощным чехлом (с R<sub>3</sub>, на севере с PR<sub>2</sub>). Вдоль северной окраины щита, косо пересекая Амазонский линеймент, в восток-северо-восточном направлении протягивается пояс существовавшего оловянных месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, приуроченных к plutонам гранитов литий-фтористого геохимического типа субсеквентного вулканоплутонического комплекса (район Рондония и др.). Возраст гранитов гренвилльский (980 + 20 млн. лет), а прорываемых ими вулканогенно-осадочных образований 1000 млн. лет. Это — древнейшее вольфрамовое оруденение на континенте. Месторождения, в том числе крупные, сформированы в предплатформенных условиях, а не в этап ТМА, как считается: платфор-

<sup>1</sup> Эта платформа в современных границах является, по Е.Е. Милановскому, не древней (добайкальской или допозднепротерозойской), а молодой: она включает древнюю платформу и "спаявшиеся" с ней позднепротерозойские (байкальские) метаплатформенные области.

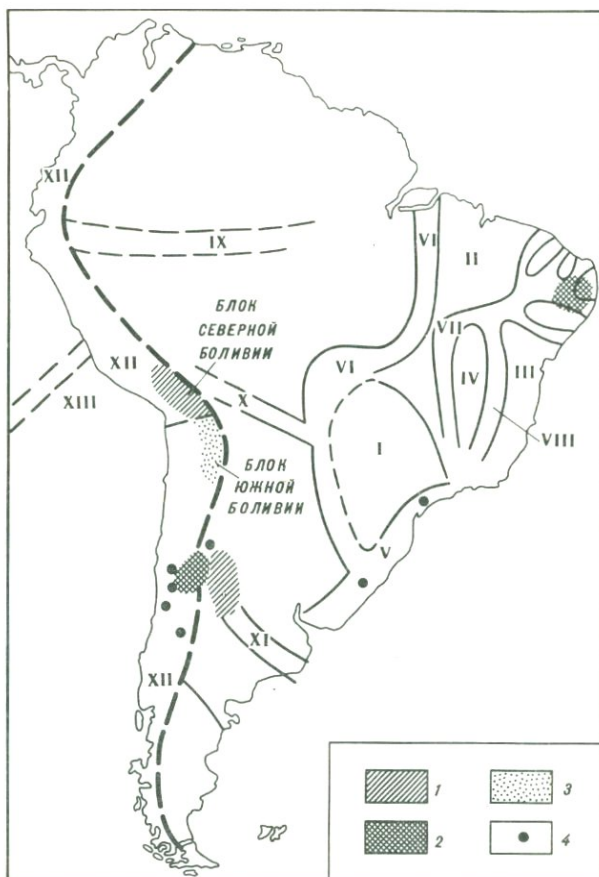


Рис. 42. Положение вольфраморудных формаций относительно авлакогенных и авлакогеосинклинальных зон Южной Америки. С использованием материалов Е.Е. Милановского, 1983 г.

*I-III* – кратоны: *I* – Парана, *II* – Сан-Луис, *III* – Сан-Франсиску; *IV* – впадина Бамбуи; *V-VIII* – системы: *V* – Рибейра, *VI* – Парагвай-Арагуайя, *VII* – Бразилиа, *VIII* – Эспиньясу; *IX-XI* – авлакогены: *IX* – Амазонский, *X* – Чикитос, *XI* – Сьерра-де-ла-Вентана, *XII* – Андский подвижный пояс, *XIII* – хребет Наска.

*1, 2* – плутонические рудные провинции: *1* – с жильными месторождениями, *2* – со скарновыми месторождениями, *3* – вулcano-плутоническая провинция с жильными месторождениями, *4* – месторождения

менный чехол отлагался здесь с  $R_3$ , а возраст рудоносного вулcano-плутонического комплекса  $R_{1-2}$ .

Более молодое промышленное вольфрамовое оруденение находится в Восточно-Бразильском щите в зоне байкальской складчатости в Северо- и Южно-Бразильской рудных провинциях. Ряд месторождений Северо-Бразильской провинции расположен в Восточно-Бразильской метаплатформенной области, заложеной в позднем протерозое – в северо-восточных ответвлениях системы авлакогеосинклинальных зон Бразилиа, территория активизировалась в начале кембрия, когда здесь и образовалось

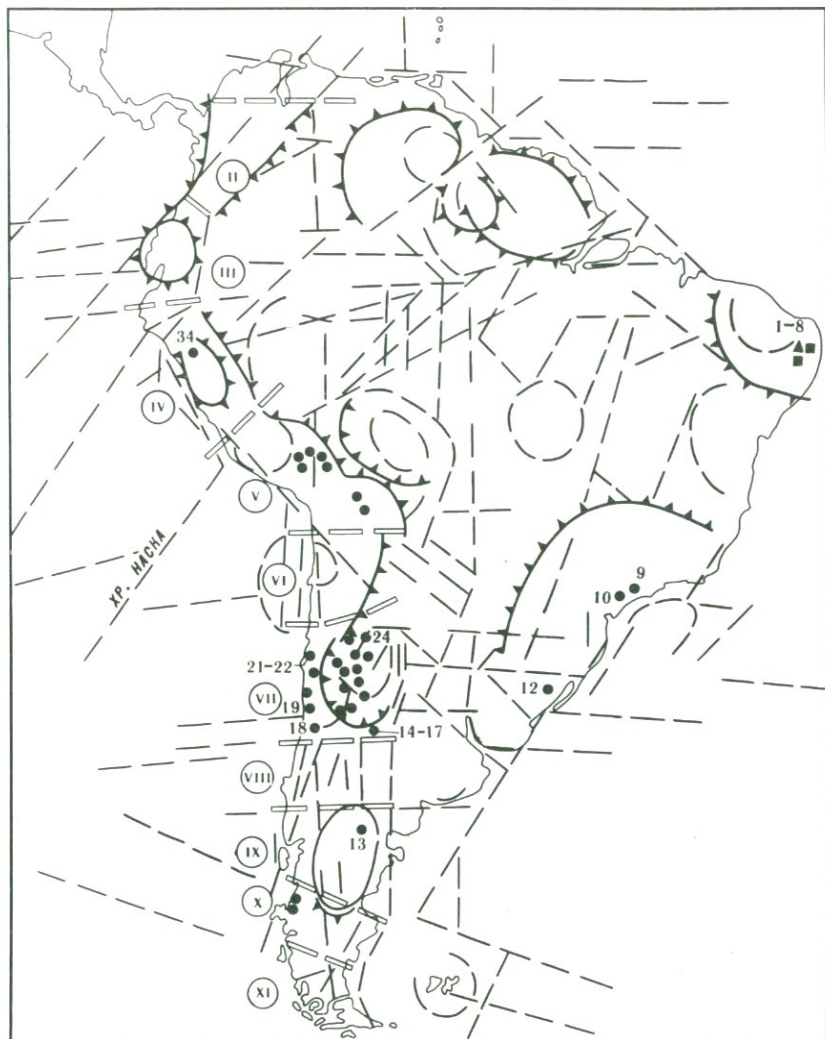


Рис. 43. Положение месторождений вольфрама на схеме размещения куполов и сводов Южной Америки, составленной Н.Т. Кочевой

1 — кольцевые и линейные дислокации, 2 — границы сводовых поднятий, 3 — границы и номера поперечных блоков Андского складчатого пояса. Точки — месторождения см. рис. 44

множество мелких плутоногенных шеелитовых месторождений скарновой (тактитовой) группы формаций, ассоциирующих в пространстве, структурно и во времени с пегматитами и плутонами гранитоидов. Возраст оруденения соответствует рубежу PrE/Є. Месторождения залегают в отложениях серии Сеара (PR<sub>3</sub>), представленной конгломератами, филлитами, граувакками, аркозовыми песчаниками, известняками.

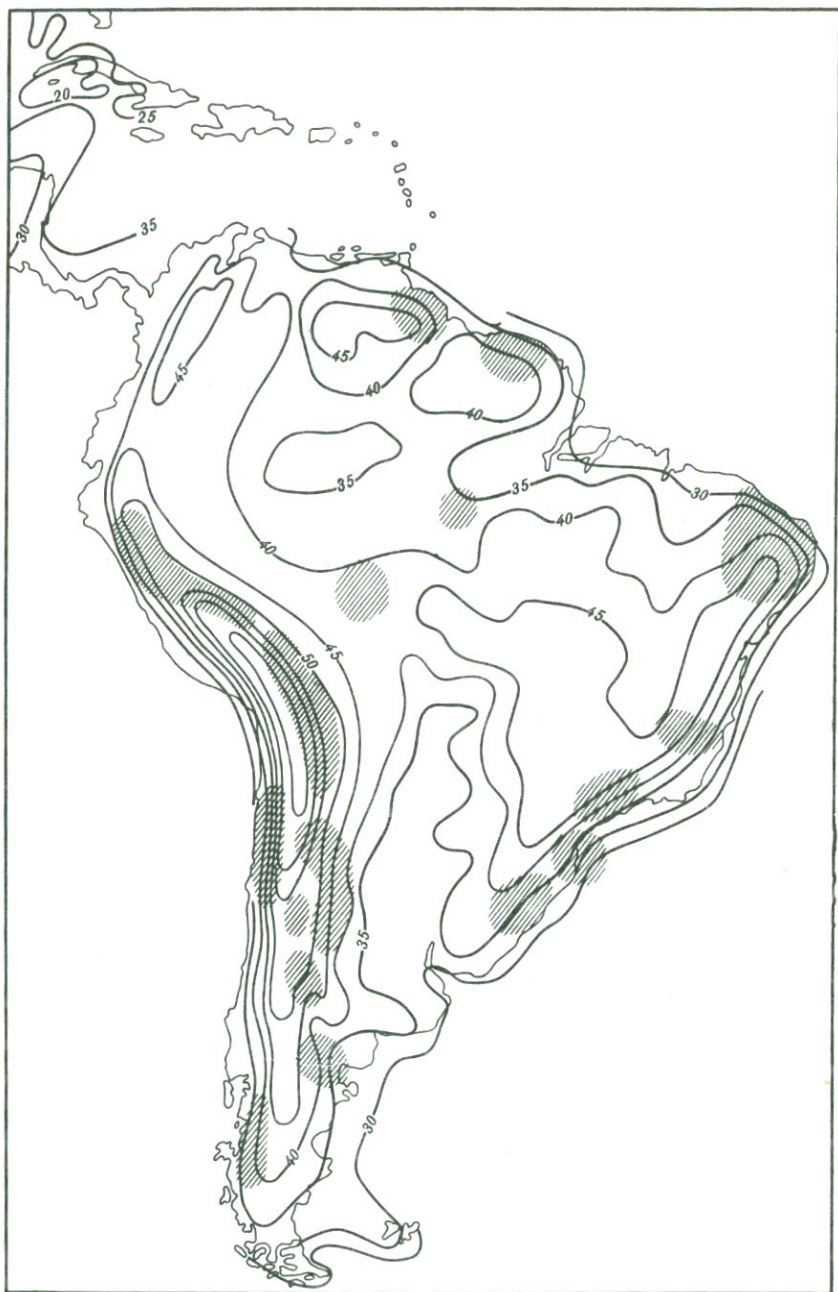


Рис. 44. Положение вольфрамоворудных поясов и провинций (штриховка) относительно участков повышенной мощности земной коры (изолинии) Южной Америки. С использованием материалов [6]

В Южно-Бразильской провинции в позднепротерозойской авлакогеосинклинальной системе Рибейра размещается ряд месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. Месторождение Энкрузиляда находится в месте скрещения авлакогеосинклинальных зон системы Рибейра и Парагвай-Арагуайя.

### Подвижный пояс Анд

В Андийской окраинно-материковой геосинклинально-складчатой области и зонах ее ТМА расположены почти все важнейшие месторождения вольфрама Южной Америки. Вдоль этой системы проходит согласный рудный пояс – Юго-Восточный фрагмент Тихоокеанского кольца. Андийская складчатая область заложена в рифее и развивалась полициклически. В ней намечаются поперечные сегменты, параллельные крупнейшим докембрийским линеаментам, ограничивающим с запада Южно-Американскую платформу (с севера на юг: безымянному северо-восточному, Перуанско-Боливийскому северо-западному, Аргентинскому меридиональному, а также линеamentу, разделяющему массив Сьерра-Пампа и Патагонскую плиту). Отдельные исследователи выделяют еще Карибский и другие сегменты.

Вольфрамовая минерализация или месторождения имеются в основном в центральных сегментах, заложенных на коре континентального типа (табл. 6). Нередко месторождения располагаются в изгибах складчатой системы.

Имеются и продольные зоны. Количество их в разных поперечных сегментах различно. В Центральных Андах, наиболее перспективных на W, намечаются следующие продольные зоны разного возраста консолидации (с востока на запад): Предандийский краевой прогиб, Восточно-Андийская позднекаледонская или раннегерцинская складчатая система (миогеосинклинальная зона), межгорный прогиб Альтиплано-Пуна, Западно-Андийская позднемезозойская–раннекайнозойская (эвгеосинклинальная зона) складчатая система.

В одних сегментах и зонах вольфрамовые и W-содержащие месторождения плутоногенные, в других – вулканоплутоногенные, в некоторых имеются еще и вулканогенные. Эти месторождения связаны с магматическими комплексами разного возраста и нередко различных формаций, приурочены к линеаментам, различным геосинклинальным (интрагеоантиклиналям), орогенным (своды, купола) структурам, а также рифтам. В Андах имеются гранитные плутоны с возрастом от докембрия до карбона. Отмечена магматическая активность мелового, третичного и четвертичного возраста.

Эпираннекаледонское вольфрамовое оруденение встречено в массиве Сьерра-Пампа Патагонской платформы, включенном в складчатую систему Анд. Это – крупный выступ фундамента (в настоящее время краевой массив), сложенный метаморфическими породами ( $PR_3$  и  $PZ_1$ ), прорванными плутоном гранитов и гранодиоритов (абс. возраст 550–330 и 250–230 млн.лет), местами перекрытым маломощным чехлом фанерозойских отложений (начиная с  $PZ_2$ ). Здесь проявилась герцинская и альпийская орогенная ТМА. Оруденение существенно вольфрамовое, молиб-

Т а б л и ц а 6

## Вольфрамосные тектонические структуры Южно-Американского континента

Структурные позиции вольфрамосных площадей	Типы рудных провинций, их названия	Магматические ассоциации, комплексы, породы	Вмещающие породы, структурный этаж	Рудные формации, их группы	Типы рудных тел	Минеральные ассоциации	Месторождения
1	2	3	4	5	6	7	8
Южно-Американская платформа							
Центрально-Бразильский щит, юго-западная часть; фундамент	Порфиновый (субэвральных кислых вулканитов)	Вулкано-плутоническая. Li-F гранитов (1000–980 млн. лет)	Граниты (980 млн. лет)	Оловянно-вольфрамовая грейзеновой группы	Жилы кварца, зоны грейзенов	Кв, К, Вт, Li–Сл	Рондония и др. (Бразилия)
Восточно-Бразильский подвижный пояс фундамента (или обрамления?) Южно-Американской платформы (байкальский)							
То же, северо-восточная	Офиолитовый (субмаринных вулканитов). Восточно-Бразильская	Плутоническая. Гранитный (PZ, 520–480 млн. лет)	Слюдяные сланцы, известняки, амфиболиты (PR <sub>3</sub> ). Байкальский складчатый комплекс фундамента	Молибден-вольфрамовая скарновая или скарноидная	Апоизвестняковые скарны	Ш, Гр, П, Мо, Вс, Фл, Кц	Брежу, Бодо, Кафуку (Бразилия)
То же, юго-восточная часть, сочленение выступа фундамента (AR) со структурами PR <sub>3</sub>	Терригенный. Южно-Бразильская	Плутоническая. Гранитный	То же	Оловянно-вольфрамовая. Грейзеновая	Кварцевые жилы	Вт, Кв, Сд, К	Иньянхария, Инханджара, Утуруво
Подвижный пояс Анд (складчатое обрамление Южно-Американской платформы)							
Раннекаледонский сегмент (Пампа-Патагонская платформа)							
Зона герцинской ТМА массива Сьерра-Пампа (PrE–PZ <sub>1</sub> ) эпираннекаледонской Пампа–Патагонской платформы <sup>1</sup>	Терригенный	Плутоническая. Гранитный (PZ)	Слюдяные сланцы, гнейсы (PrC) фундамента, кристаллические сланцы (0) геосинклинальный каледонский	Молибден-вольфрамовая, грейзеновая и кварц-турмалин-хлоритовая	Жилы кварца	Вт, Ш, Сд, Вс, Гм, Су, (Мо, Сф, Мар), Фл, Му, Ви	Лос-Кондорес, Хосефина (Аргентина)
	Карбонатный	Плутоническая Гранитная	Известняки и сланцы в экзо-контакте гранитного плутона геосинклинальный каледонский этаж	Молибден-вольфрамовая скарновая	Залежи скарновых контактовые	Гр, Эп, Ак, Ш	Районов Сан-Луис и Кордова (Аргентина)
Позднекаледонская или герцинская зона							
Горстинтрагеоантиклиналь, миогеосинклинальная зона	Терригенный. Северо-Боливийская субпровинция	Плутоническая гранитоидный $\gamma$ , $\gamma$ -d, qmz монзонит-гранитной формации (P–T–N <sub>1</sub> , 211–22,8 млн. лет)	Аспидные сланцы с прослоями песчаников (O, S, D) Геосинклинальный герцинский	Оловянно-вольфрамовая формация кварц-турмалин-хлоритовой и березитовой групп	Жилы кварца	Вт, К, Сд, Ш, Ап, Ту, Пр, Вс, Мо, Хп, П, Хл, Му, Апт	Болса Негро, Арака, Чохля, Пакуни, Вилоко (Боливия)
Горстинтрагеоантиклиналь	То же, Южно-Боливийская субпровинция	Вулкано-плутоническая. Штоки, некки, дайки, кварцевых латитов и дацитов (17–12 млн. лет)	Сланцы и песчаники (E, O, S) Геосинклинальный, реже отложения К и Тг орогенного этажа	W-минерализация в месторождениях серебряно-оловянной формации серицит-кварцевой и кварц-турмалин-хлоритовой групп	Жилы штокверки, метасоматические тела	Вт, Кв, Ту, Хл, Сер, К, Фб, Ш, Си, П, Пр, Сф, Мар, Фл, Вс, Апт, Гб, сульфосоли Pb, Bi, Ag; мин. Ag, Bi, Анк, Б	Лялягуа, Потоси, Чоролке (Боливия)

Таблица 6 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
Миогеосинклинальная зона	То же, Боливийская	Вулканическая Тг (?)	Сланцы, песчаники, (Є, О, S) . Геосинклинальный каледонский	Сурьмяно-вольфрамовая аргиллизитовой группы	Жилы	Гб, Ам, Фб, Кв, Ш, Б, З	Сан-Антонио, Хуануни, Анкорамес, Оплока (Боливия)
Альпийская зона							
Эвентрагеоантиклиналь на мысленном продолжении океанического хребта Наска	Терригенно-карбонатный (переходный)	Вулкано-плутоническая Штоки монзонит-порфиры монзонитовой формации (P <sub>3</sub> )	Аргиллиты (J), кварцевые монзонит – порфиры (P <sub>3</sub> )	Молибден-вольфрамовая, W-содержащая, полиметаллически – молибденовая березитовой и серицит-кварцевой групп	Жилы, штокверки прожилков кварца	Сс, Ад, Рв, К, П, Гб, Ш, Вг, Сф, Гл, Хп, Тэ, Кб, Мо, Цн, Фл, Сер, Су	Пасто Буэна, Компакча, Касапалка (Перу)
Межгорный прогиб или рифт (Тг), наложенный на палеозойский или более древний срединный массив	Терригенный Альтиплано	Вулкано-плутоническая андезито-базальтовой или дацит-андезитовой формации (N <sub>2</sub> )	Кристаллические сланцы (D) геосинклинальный герцинский	Ag-W-минерализация в месторождениях полиметаллической формации березитовой и пропилитовой групп	Жилы и прожилки кварца	Ту, Вг, Кв, Аг, З, П (?), К, Фб, Бр, Эн, Бо, Ам	Сан-Кристобаль, Ла-Джойя (Боливия)

\*В настоящее время краевой массив. Вольфрамового оруденения, синхронного альпийской активизации, неизвестно.

ден и оловянно-вольфрамовой формаций грейзеновой и скарновой групп, плутоногенное, ассоциирует с массивами гранитов (PZ), находится в основном в кристаллических сланцах PrE, частично в отложениях PZ<sub>1</sub>. Большинство месторождений, приуроченных к массиву Сьерра-Пампа, расположены на мысленном продолжении авлакогеосинклинальной зоны Сьерра-де-ла-Вентана и в ее бортах. Эта зона, разобщающая Патагонскую метаплатформенную область и Южно-Американскую платформу, испытала складчатость и инверсию в PZ<sub>3</sub>-MZ<sub>1</sub>, когда на ее продолжении в Андах образовались упомянутые месторождения. Возраст оруденения верхнепалеозойский (?).

В пределах главной вольфраморудной провинции — Боливийской — доандская магматическая деятельность проявлена слабо. Активность окраинно-материкового континентального вулканического пояса Анд, как и большинства таких поясов обрамления Тихого океана, началась, по данным М.Г. Ломизе (1980 г.), 200 млн. лет назад. Преобладают андезиты и риолиты известково-щелочного ряда. Лавы изливались в мелководно-морских условиях и сопровождалась комагматическими с вулканитами интрузиями (диориты, гранодиориты).

М.Г. Ломизе намечено три главных типа окраинно-материковых вулканических поясов андийской континентальной окраины: 1) Раннеандийский (поздний триас-оксфорд) субмаринный; 2) Позднеандийский (K<sub>2</sub>-N<sub>1</sub><sup>2</sup>) Арауканский, субаральный; 3) Неоандийский (с рубежа N<sub>1</sub>/N<sub>2</sub>, т.е. с начала орогенного воздымания). Неогеновый пояс проходит вдоль водораздела Анд и по впадине Альтиплано. Вблизи Берегового хребта он сложен андезитами, на востоке, вблизи Альтиплано — риолитами. Отношение <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr свидетельствует о повышении во времени роли сиалической коры как источника магмы. Интенсивность магматизма нарастала до позднего мела, затем резко снизилась. Второстепенные максимумы активности приходятся на T<sub>3</sub>J<sub>2-3</sub>, P<sub>2</sub>. 12-13 млн. лет назад начался тектонический этап, когда формировались горный пояс Анд (за последние 10 или меньше миллионов лет Анды поднялись на 3-4 км.) и Перуанско-Чилийский глубоководный желоб. Вдоль Андийской складчатой системы, согласно с ней на участке, находящемся против желоба, протягивается Боливийский пояс месторождений оловянно-вольфрамовой формации.

Строение вулканического пояса сложное. Магматическая активность мигрировала с запада на восток (особенно в миоцене), пульсировала, в верхнем плиоцене ослабла и отступила к западу и распространилась на юг и север.

Пояс состоит из узких меридиональных зон, омолаживающихся к востоку и приуроченных к определенному поперечному сегменту складчатой системы. Четвертичная вулканическая деятельность приурочена к северо-восточным и широтным нарушениям.

Вольфрамовое оруденение имеется в участках складчатой системы, где геосинклиналь заложилась на континентальной коре (в ряде регионов Анд выявлены метаморфические породы, аналогичные слагающим фундамент Бразильской платформы). Этим, как и большой мощностью континентальной земной коры, обусловлен кислый состав вулканитов. В северном сегменте складчатой системы, заложенном на океанической коре,

встречены единичные мелкие плутоногенные месторождения золото-вольфрамовой формации (в Колумбии).

Важнейшая в отношении вольфрамового оруденения Восточная зона Центральных Анд, консолидирована в среднем палеозое. Зона сложена преимущественно терригенными отложениями (PZ) (аспидными сланцами с редкими прослоями песчаников). Здесь нет отложений PZ<sub>3</sub>, начиная с D<sub>3</sub>, поэтому одни исследователи относят зону к поздним каледонидам, другие, в том числе и мы, — к герцинидам. Мощность отложений (Є—O) 12–15 км., а более верхнего отдела (S<sub>2</sub>—D) — более 4 км. В раннем силуре отмечены складчатость и интрузии сиенитов и гранитов (430 млн. лет). В карбоне, перми и триасе (?) накопились молассы, карбонатные и терригенные отложения. Имеются гранитоиды с абс. возрастом 250–220, 211–180 млн. лет (N<sub>1</sub><sup>1</sup> и N<sub>1</sub><sup>2</sup>/N<sub>2</sub><sup>1</sup>). Встречаются карбонатные и терригенные породы чехла, основные эффузивы орогенного этажа (K<sub>2</sub>) мощностью 5 км.

На территории Боливии, преимущественно в горст-интрагеоантиклинали расположены терригенные триас-миоценовая плутоническая (северный блок), миоценовая вулканоплутоническая (южный блок) и четвертичная вулканическая (вся территория Восточных Анд) рудные провинции. Все они находятся в одном геосинклинальном этаже.

Краткое описание вольфрамоворудных формаций и закономерностей их размещения в этих блоках приводилось [57].

В Северной Боливии плутоны рудоносного комплекса сложены гранитами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами и кварцевыми монзонитами. Наиболее распространены породы, промежуточные между гранодиоритами и кварцевыми диоритами. К восточному, более пологому контакту плутона, вблизи которого локализованы самые богатые SiO<sub>2</sub> и K<sub>2</sub>O гранитоиды, приурочено множество месторождений оловянно-вольфрамовой формации кварц-турмалин-хлоритовой, серицит-кварцевой, редко пегматовой группы. Месторождения пегматовой группы, существенно оловорудные, связаны с пермскими плутонами, развиты на севере, вольфрам в них редок, встречается в малых количествах. Эти месторождения образовались в орогенный этап развития геосинклинали, в условиях медленного воздымания территории раньше формирования чехла молодой платформы, сложенного, по данным Ф.К. Шипулина, В.И. Казанского (1972 г.), преимущественно континентальными отложениями (K).

Гидротермальные месторождения образовались в триасе и миоцене — значительно позже (завершения) заключительной геосинклинальной складчатости. Среди них имеются связанные с герцинским орогенезом и другие — с миоценовым и четвертичным процессами орогенной ТМА раннеальпийской платформы.

Самые важные и богатые месторождения оловянно-вольфрамовой формации — плутоногенные вольфрамовые серицит-кварцевой группы южной части Северной Боливии (Болса Негро, Чойла, Чикоте, Ками) — находятся на мысленном продолжении авлакогена Чикитос, косо секущего Амазонский кратон вплоть до авлакогеосинклинальной системы Парагвай-Арагуайя. Упомянутый авлакоген, вероятно, продолжался и к северо-западу, где находятся Андская складчатая система и Предандский передовой прогиб. Он заложен в рифее, испытал инверсию в позднем палеозое, как предполагает Е.Е. Милановский, одновременно с консолидацией мио-

геосинклинальной зоны складчатой системы. Многие месторождения существенно вольфрамовые, относятся к кварц-турмалин-хлоритовой (лук-зульянитовой) группе формаций. Возраст оруденения в основном миоценовый, совпадающий с возрастом процессов ТМА территории. Интенсивность вольфрамового оруденения и возраст оруденения понижается с севера на юг, а возраст и возрастной отрыв оруденения от складчатости возрастают. Наиболее перспективны месторождения, приуроченные к самому южному плутону гранитоидов Кимса Крус (асб. возраст 22,8 млн. лет) и залегают в его экзоконтакте.

В Южно-Боливийском блоке и прилегающих регионах, уже за пределами мысленного продолжения авлакогена Чикитос, вблизи границы с Северной Боливией, в зоне пересечения складчатой системы Анд сквозной, секущей переходную зону океан — континент системой широтных глубинных разломов, по которым осуществлялись сбросо-сдвиги, в участке резкого изгиба складчатости (угол Арика-Эльбоу) против клиновидного выступа океанической плиты, в условиях орогенной ТМА территории возникла незначительная вольфрамовая минерализация (W-содержащее месторождение серебряно-оловянной формации серицит-кварцевой и кварц-турмалин-хлоритовой групп), сопряженная с вулcano-плутоническим комплексом гранитоидов повышенной основности. Здесь имеются штоки, этмолиты, некки и непротивленные дайки латитов, кварцевых латитов, дацитов, риолитодацитов, реже риолитов, минетт ( $N_1$  и  $2$ ).

Месторождения олова встречаются реже, чем в северном блоке, но некоторые из них крупнее и дают большую часть олова Боливии. В месторождениях Лялягуа (21 или 9,4 млн. лет), Потоси (13,8 млн. лет), Чорольк (18,4 млн. лет — 16 млн. лет), Тасна, Эсморака попутно добывается немного вольфрамита. Возраст оруденения 17–12 млн. лет — на несколько миллионов лет моложе, чем в Северо-Боливийском блоке (23–20 млн. лет). Месторождения подразделяют на две группы — северную ( $N_1^1$ ), соответствующую дунайской (савской) эпохе ТМА, более молодую, соответствующую рубежу  $N_1/N_2$  (аттической эпохе,  $9 \pm 3$  млн. лет). Возрастной интервал формирования вулcano-плутонического комплекса, не более 7 млн. лет. Возрастной отрыв оруденения от главной геосинклинальной складчатости еще значительнее, чем в Северо-Боливийском блоке (субпровинции).

Вулcano-плутоногенное оруденение распространено не только в горст-интрагеоантиклиналях, но и в прилегающих структурах. В Центральном секторе с мезозойским или кайнозойским возрастом консолидации, отличающемся накоплением не только терригенных отложений ( $S-C_1$ ), как на территории Боливии, но и развитием мощных карбонатных отложений и местами кварцитов ( $C_2-K$ ), в интрагеоантиклинальном поднятии Анд в верхнем мелу имела место складчатость и внедрились гранитоидные плутоны (на территории Перу).

В миоцене здесь и в кайнозойском продольном межгорном прогибе (по данным других исследователей эпиорогенном рифте) Альтиплано-Пуна, расположенном на границе зон палео- и кайнозойской консолидации, в условиях орогенной ТМА внедрились субвулканические тела кварцевых монзонит-порфиров, сопровождаемые полиметаллически-вольфрамовыми месторождениями, в которых вольфрамовое (гюберитовое) оруденение часто ассоциирует с серебряным. Месторождение Пасто Буэна

(Перу), как и южная группа месторождений вольфрама и Сан-Кристобаль, образовалось в условиях быстрого воздымания Анд. Это месторождение и соседнее Касапалка (приблизительно находятся на мысленном продолжении к северо-востоку на континенте асейсмичного океанического поднятия — хребта Наска, расположенного вдоль границы предполагаемого скольжения океанических плит). Это рудный узел с гюбнеритовым оруденением молибден-полиметаллически-вольфрамовой формации пропилитовой (?) группы вулкано-плутонической ассоциации. Других гюбнеритовых месторождений на континенте нет.

Месторождение Паст Буэна, наиболее важное, залегает в отложениях юры (киммерийский геосинклинальный этаж), связано со штоком кварцевых монцитит-порфиоров (абс. возраст 9–10 млн. лет граница  $N_1/N_2$ ). Оруденение полиформационное, многостадийное. Гюбнерит ассоциирует с молибденитом, ферберит, если встречается, — со свинцово-цинковым оруденением.

Межгорный прогиб или рифт Альтиплано-Пуна наложен на одноименный палеозойский или более древний срединный массив. Фундамент его сложен кристаллическими сланцами ( $PR_3$ ) смятыми в складки карбонатными и терригенными отложениями ( $PZ_1$ ) небольшой мощности (1–2 км). Прогиб состоит из грабено-подобных депрессий, заполненных слабодислоцированными красноцветами и эвапоритами (Р и Т), терригенными и карбонатными отложениями (J и  $K_2$ ) мощностью 3–7 км, молассами  $N_1-N_2$  (мощность 10–12 км), местами — покровами андезито-базальтов и андезитов мощностью до 2–3 км. Здесь имеется медная и (южнее) свинцово-цинковая субпровинции. В последней с гипабиссальными телами дацитов и андезитов ( $N_1$  и  $N_2$ ) ассоциируют полиметаллические месторождения. Среди них встречаются вулкано-плутоногенные месторождения (Сан-Кристобаль и др.) серебряно-полиметаллической формации серицит-кварцевой группы, в которых попутно добывается гюбнерит. Это оруденение, по данным одних исследователей плиоценовое, по возрасту аналогично месторождениям серебряно-оловянной формации Южно-Бolivийской рудной субпровинции ( $N_2$ ), по данным других исследователей, ассоциирует с андезито-базальтами (Q).

В Чилийском сегменте Анд с третичными интрузивами ассоциируют жильные месторождения медно-вольфрамовой (Льямуко) и золото-вольфрамовой (Миниллас) формаций серицит-кварцевой группы, медно-вольфрамовой формации кварц-турмалин-хлоритовой группы (Сан-Антонио, Лапалло-де-Чехек).

\* \* \*

Итак, месторождения вольфрама каждой структуры Южной Америки представлены определенной формацией или сочетают две формации, имеют внутриформационные различия. Скарновые существенно вольфрамовые месторождения молибден-вольфрамовой формации расположены в массиве Сьерра-Пампа и в байкальской геосинклинально-складчатой системе. В массиве Сьерра-Пампа они залегают в каледонском геосинклинальном этаже и в фундаменте (PrЄ), а в Бразилии — в байкальском, в первом случае они представлены контактовыми, во втором — послынными залежами,

различающимися также по минеральному составу и, возможно, по возрасту оруденения (соответственно  $PZ_2$  или  $PZ_3$  (?) и  $PZ_1$ ).

Плутоногенные месторождения Боливии расположены в каледонском (?) геосинклинальном этаже, вулканоплутоногенные и в альпийском орогенном.

Оруденение приурочено к блокам древних пород или ограничивающим их глубинным разломам, но размещается не обязательно в самых древних отложениях. В районе Рондония (на щите) в чехле древней платформы имеются россыпи образовавшиеся при разрушении месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, в фундаменте.

Наиболее распространено и важно миоценовое оруденение, соответствующее максимуму тектономагматической активности в Центральном сегменте складчатой области и максимальному распространению на восток субазрального окраинно-материкового вулканического пояса. Вольфрамовое оруденение этого возраста различается в зависимости от того, в какой структуре проявилось, какими породами представлен и в каких структурных условиях сформирован синхронный оруденению магматической комплекс.

Различия месторождений вольфрама северной и южной групп Северной Боливии в основном — по интенсивности вольфрамового оруденения (больше в южной группе). Вольфрамовое оруденение северной и южной групп Южной Боливии также различно — в южной группе они богаты серебром и сульфидами основных металлов. Руды всех месторождений вольфрама, кроме связанных с плутонами северной группы и района Потоси, по существу, сульфидные. В вольфрам-серебряно-оловянных рудах месторождений Южной Боливии Ag находится в "благородных рудах", а не связано с галенитом, как в Северной Боливии. Оруденение характеризуется пульсационной зональностью и телескопированием.

Причиной различия минерализации Северной и Южной Боливии является связь оруденения северного блока с плутонами, а оруденения южного блока — с субвулканическими телами вулканоплутонического комплекса. В обоих блоках рудно-магматические системы формировались в породах одной формации и одного структурного этажа, возраст плутонов южной группы Северной Боливии, как и субвулканических тел Южной Боливии, сходный (N, в основном нижний), петрохимический состав пород синхронных оруденению магматических комплексов сходен, но оруденение этих месторождений и качественно и по интенсивности различно.

В блоках (субпровинциях) Северной и Южной Боливии имеется еще и пояс позднегеретичных вулканогенных месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, косесекущий более древние оловянно-вольфрамовый и вольфрам-полиметаллически-серебряно-оловянный пояса. Месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы образовались, по видимому, в связи с андезито-базальтами плейстоцена или, скорее, еще позже, так как жилы, соответствующие этой формации, пересекают вулканоплутоногенное оруденение. В Центральной и Южной Боливии, где фундамент складчатой области расположен ближе к земной поверхности, месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации многочисленнее и богаче. Еще моложе гидротермально-осадочные проявления W-содержащих гидроокислов железа и марганца (Унция).

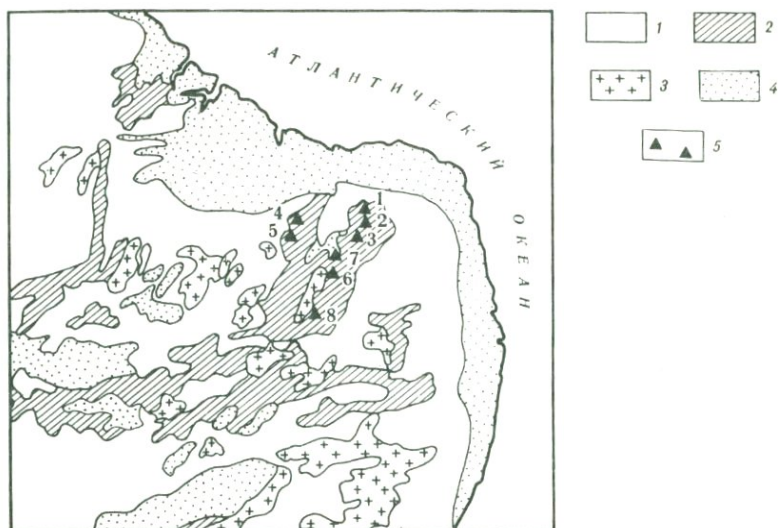


Рис. 45. Размещение месторождений и рудопоявлений шеелита скарновой группы формаций на Северо-Востоке Бразилии

1 – гранито-гнейсовый комплекс (AR-PR<sub>1</sub>) и граниты неустановленного возраста; 2 – карбонатно-терригенный комплекс PR<sub>3</sub>, (серия Сеара); 3 – граниты PR<sub>3</sub> и более молодые; 4 – фанерозойский чехол; 5 – месторождения и проявления шеелита: 1 – Лажис, 2 – Кафука, 3 – Бодо, 4 – Бонито, 5 – Малада-Лимпа, 6 – Брежу, 7 – Барра-Верде, 8 – Кишаба

Все месторождения, независимо от формации, располагаются в сводово-купольных поднятиях (рис. 43) в участках повышенной мощности земной коры (рис. 45).

## V. АФРИКАНО-АРАВИЙСКИЙ КОНТИНЕНТ

Этот континент в отличие от других, не обрамляется зонами Беньюфа. Границы его обусловлены в основном системой ортогональных разломов, по которым, как предполагают, раскололась Пангея позднего палеозоя. Континент обрамляется молодыми складчатыми зонами только на севере и юге, поэтому размещение вольфраморудных формаций здесь иное, чем на других континентах.

### Африкано-Аравийская платформа

Эта платформа занимает почти весь Африкано-Аравийский континент и как и Южно-Американская в целом не является, по Е.Е. Милановскому, древней, а состоит из добайкальских кратонов – Западно-, Центрально- и Южно-Африканского, – “спаянных” соответственно Ливийско-Нигерийской и Дамаро-Кибарской метаплатформенными областями. Последние включают по несколько позднепротерозойских авлакогеосинклинальных зон и разобщающие их узкие метаплатформенные массивы.

На севере и юге континента имеются герцинские складчатые системы

или меташлатформенные области — соответственно Атласская и Северо-Аравийская, входящие в Альпийско-Гималайский большой подвижный пояс, и Капская (табл. 7).

Вольфрамворудные пояса обрамляют Южно-Африканский, Конголезский, Нильский, Западно-Африканский докембрийские кратоны [19]. Это — пояса Южно-Африканский (Родезийско-Трансваальский), Центрально-Африканский, возможно переходящий севернее в вольфрамворудный пояс Восточной пустыни, Нигерийско-Сахарский (Дагомейско-Нигерийский), Дагомейско-Тибестийский и Марокканско-Малийский (рис. 46). Последний приурочен к палеозойской геосинклиналино-складчатой области, остальные — к позднепротерозойским. На рис. 47 показана приуроченность их к авлакогеосинклинальным зонам.

Оловянно-вольфрамовые месторождения приурочены к кратону Джос, границам кратона Касаи с Кибарским поясом, последнего — с авлакогеном Кунделунгу, образуют два секущих пояса, один тянется, по Л.И.Салопу, поперек неопротозойского Кибарского складчатого пояса, другой — через Кибарский пояс, нижнепротозойскую складчатую зону Карагве-Анколе в мезопротозойский складчатый пояс Бугандо-Торо. Описание этих месторождений приводилось [57]. Единичные месторождения локализованы в Родезийском и Трансваальском кратонах платформы Калахари, в их краевых частях имеются рудные пояса, занимающие секущее положение относительно складчатых поясов — эпипротозойского Дамара и неопротозойского Оранжевая-Наталь. Редкие месторождения имеются в Атласском и Капском герцинских складчатых поясах.

Месторождения вольфрама многочисленны, распределены на значительных территориях, но невелики. Оруденение Африкано-Аравийской платформы (и даже почти всего континента) в основном плутоногенное, как и на других платформах Гондваны, что обусловлено малой подвижностью этих платформ по сравнению с платформами группы Лавразии. В разных глыбах фундамента рудные тела нередко представлены разными морфоструктурными типами, различаются по возрасту и тектонической обстановке формирования или минеральным парагенезисам. В одной глыбе шита может быть развито оруденение разных формаций одной группы. Оруденение каждой формации приурочено к определенному структурному элементу и связано с петрохимически определенным магматическим комплексом. Шеелитовое оруденение сопровождается, в основном, базальтоидные магматические комплексы. В связи с гранитоидными комплексами шеелит часто ассоциирует с вольфрамитом.

Почти все месторождения расположены в фундаменте платформы в пределах территорий, имеющих не только повышенную мощность земной коры, как плато Джос, но и пониженной — (35 км. и менее) (рис. 48).

В Южно-Африканской глыбе, в отличие от Центрально-Африканской, есть не только жильные рудные тела, но и трубчатые, сфероидальные, пластовые залежи. В одних блоках распространены пологие жилы, в других — крутопадающие. В Южно-Африканском рудном поясе, обрамляющем Трансваальскую и Родезийскую архейские глыбы Южно-Африканского шита и налагающемся на них, главные проявления вольфрама относятся к следующим группам: скарновой (шеелитовое оруденение в скарнированных амфиболитах), грейзеновой, гранитовой, кварц-турмалин-хлорито-

Таблица 7

## Вольфрамоносные тектонические структуры Африканского континента

Структурная позиция вольфрамоносных площадей	Типы рудных провинций, их названия	Магматические ассоциации, комплексы, породы	Вмещающие породы структурный этаж	Рудная формация, их группы	Типы рудных тел	Минеральные ассоциации	Месторождения
1	2	3	4	5	6	7	8
Южно-Африканский (архейский сегмент)							
Родезийский кратон	Субмаринных вулканитов	Вулканическая, Спилит-диабазовой формации (2900 млн. лет) фундамент	Вулканиты основные (2900 млн. лет)				Районов Форт Виктория, Шеелит Вэлли, Мурчисон (ЮАР)
Подвижные пояса фундамента Африкано-Аравийской платформы Трансваальский (архейский)							
Эпикратонная синеклиза	Терригенный	Плутоническая Гранитный. Бушвельдский (1950 млн. лет)	Граниты (1950 млн. лет)	Оловянно-вольфрамовая, гранитовая Оловянно-вольфрамовая, кварц-турмалин-хлоритовая	Пологие залежи вкрапленных руд в гранитах Трубочатые и изометричные	Породообразующие минералы гранитов, Ш, К, Кв, Ту, Кпш, К, Вт, Ш	Потгитерсрус (ЮАР)
Южно-Африканский (протерозойский сегмент)							
Родезийский кратон	Субмаринных вулканитов (спилит-диабазовый)	Плутоническая. Базальтовый. Кислые дифференциаты базальтовой магмы (AR)	Амфиболиты, гранито-гнейсы (AR)	Золото-вольфрамовая, березитовая (?)	Жилы кварца	Кв, Ш, З	Рудопроявления районов Гвело, Хартли, Ломагунди (Родезия)
	Переходный между субмаринных вулканитов и терригенным	Вулканическая. Спилит-диабазовый (1950 млн. лет)	Аргиллиты, песчаники, прослой вулканитов основных "формации". Пиривири (1950 млн. лет)	Золото-вольфрамовая, переход к сурьмяно-	Залежи скарнов стратиформные	Гр, Вез, Эп, Ш	Без названия (Родезия)
Восточно-Африканский Кибарский (конца нижнего рифея – 1400 млн. лет)							
Антиклинорий	Терригенный, Центрально-Африканская	Плутоническая, субшелочных пегматоидных гранитов (R <sub>4</sub> –PZ <sub>1</sub> )	Песчаники, сланцы Карагве-Анкольской системы	Оловянно-вольфрамовая, грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Вт или Ш, К, Ту	Бумбого, Кифурве, Бугарама (Руанда)
То же	То же	То же (?)	То же, преобладают графитосодержащие сланцы	Вольфрамовая, серицит-кварцевая (?)	Стратиформные залежи вкрапленных руд	Фб, Сер, Кв, Ту, Гф	Ньямолило, Руиза (Руанда)
Красноморско-Мозамбикский сегмент (гренвильский, 1000 млн. лет)							
?	Переходный от субмаринных вулканитов к терригенному. Восточно-Африканская	Плутоническая. Древнегаттарских гранитов (580–530 млн. лет)	Песчаники, сланцы	Молибден-вольфрамовая, грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Мо, Вт	Абу-Хаммад, Эль-Добе, Ум-Биссиле (АРЕ)
		Плутоническая. Гаттарских гранитов (470–430 млн. лет)	Аргиллиты, зеленокаменные породы (1000 млн. лет)	Оловянно-вольфрамовая, грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Пш, Т, Ту, Фл, К, Вт	Игла, Абу-Даббаб, Эль-Муилха (АРЕ)
Транссахарский (протерозойский), область палеозойско-мезозойской ТМА							
Межкратонный складчатый пояс, область его палеозойско-мезозойской ТМА	Терригенный субаральных вулканитов (риолитовый). Плато Джос	Вулкано-плутоническая. Гранитный (PZ <sub>1</sub> –K <sub>1</sub> ?)	Li–F граниты этапа ТМА (PZ <sub>1</sub> –K <sub>1</sub> ?) Породы фундамента	Оловянно-вольфрамовая, пегматитовая  Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы пегматитов  Жилы кварца	Кв, Пш, К, Вт, Та–Nb  Кв, К, Вт	Джос Капато, Холмы Риши, Холмы Тонголо (Нигерия)

Т а б л и ц а 7 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
Южно-Африканский, область верхнепалеозойской-мезозойской ТМА							
Эпикратонный грабеноподобный прогиб	Субаэральный вулканический пояс (базальтовый)	Вулканическая. Базальтовый Карру ( $C_3 - J_1$ )	Базальты ( $C_3 - J_1$ ) платформенный или этапа ТМА	Медно-вольфрамовая, переход к медно-никелевой, серицит-кварцевая (?)	Жилы кварца	Кв, Хп, Ш, Арс Ni	Гиппо (Южная Родезия)
Средиземноморский подвижный пояс складчатого обрамления Африкано-Аравийской платформы Атласский сегмент (герцинский, $C_1/C_2$ )							
?	Терригенный	Плутоническая гранитоидов повышенной основности ( $PZ_3$ )	Чипполино, сланцы, известняки, диабазы (С). Геосинклинальный	Молибден-вольфрамовая, переход к медно-молибденовой, скарновая Оловянно-вольфрамовая, скарновая	Контактные залежи скарнов	Гр, Пк, Вл, Ш	Азегур (Марокко) Белельете (Алжир)
				То же		Те же и К	

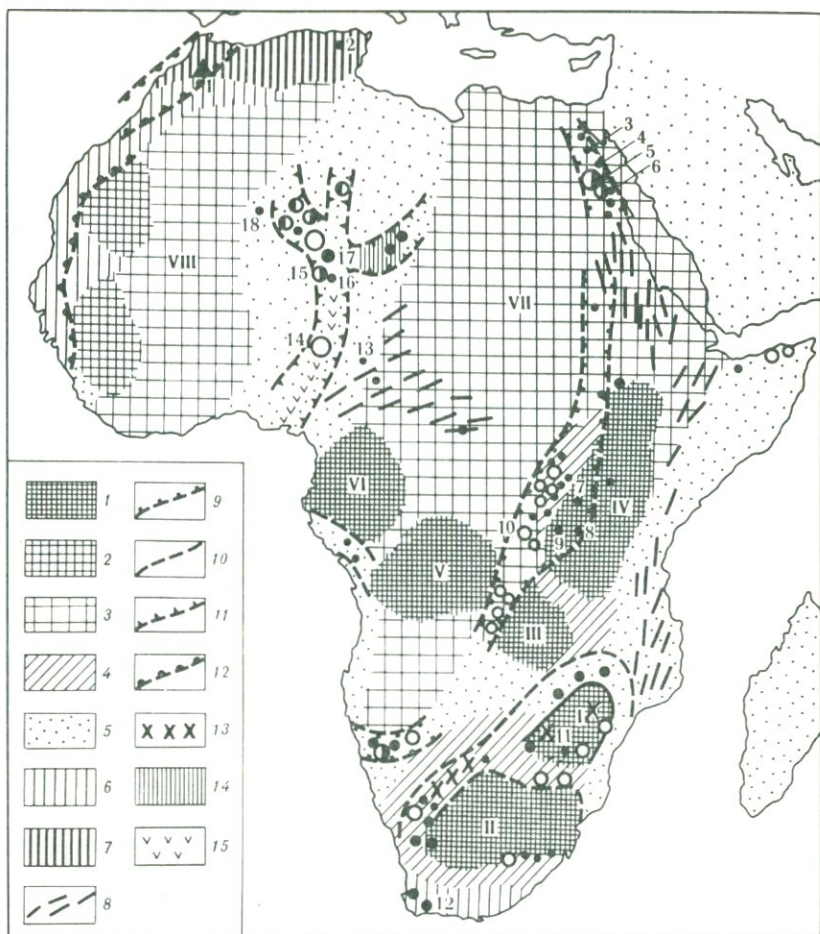


Рис. 46. Размещение вольфрамовородных поясов в пределах Африки. С использованием материалов Condie, В.К. Денисенко, С.Е. Колотухиной и др.

Щиты: I – Родезийский, II – Трансваальский, III – Замбии, IV – Танзанийский, V – Касаи, VI – Габонский, VII – Нильский; VIII – Западно-Африканский.

1 – участки щитов с возрастом консолидации 2700 млн. л., 2 – то же с возрастом 2500 млн. л., 3 – то же с возрастом 2500–1300 млн. л., 4 – то же с возрастом 1300–800 млн. л., 5 – то же с возрастом 800–600 млн. л., 6 – то же с возрастом 600–200 млн. л., 7 – зоны альпийской складчатости, 8 – зоны радиологического омоложения.

Рудные пояса: 9 – Центрально-Африканский, 10 – Восточно-Африканский, 11 – Нигерийско-Сахарский, 12 – Марокканско-Малийский. Провинции: 13 – офиолитовые, 14 – терригенные, 15 – кислых субаэральных вулканитов. Месторождения: 1 – Азегур, 2 – Белельете, 3, 4 – Гаттар, Абу-Хариф и др., 5 – Игла, 6 – Муэльха I, 7 – Намасете, 8 – Кифурва, 9 – района Кигези, 10 – Баквама, 11 – Гипто, 12 – Набабин, 13 – Гутчуми, 14 – Лирузй Капо, 15 – Адрар-эль-Мекки, 16 – Таррауджи, 17 – Лауни, 18 – Башир

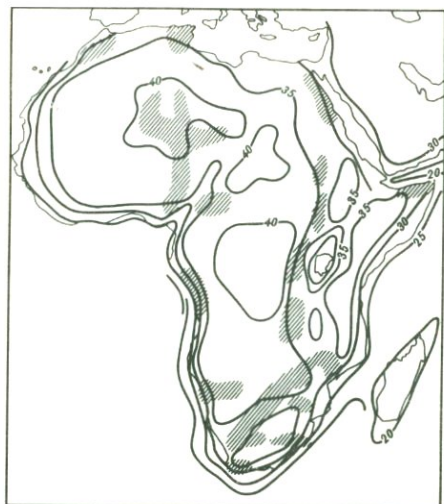
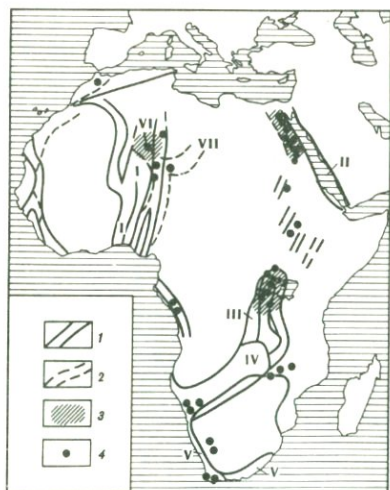


Рис. 47. Положение вольфраморудных месторождений (показаны точками), провинций (показаны штриховкой) и поясов (показаны пунктиром) на территории Африки. С использованием данных Е.Е. Милановского

Рифтовые системы: I – Агакоро-Ахаггарская, II – Протокрасноморская. Складчатые зоны: III – Кибарская, IV – Дамарская, V – Капская. Поднятия: VI – Ахаггар, VII – Тибести.

1 – авлакогеосинклинальные зоны, 2 – контуры вольфраморудных поясов, 3 – вольфраморудные провинции, 4 – вольфраморудные месторождения. Двойными линиями показаны авлакогены

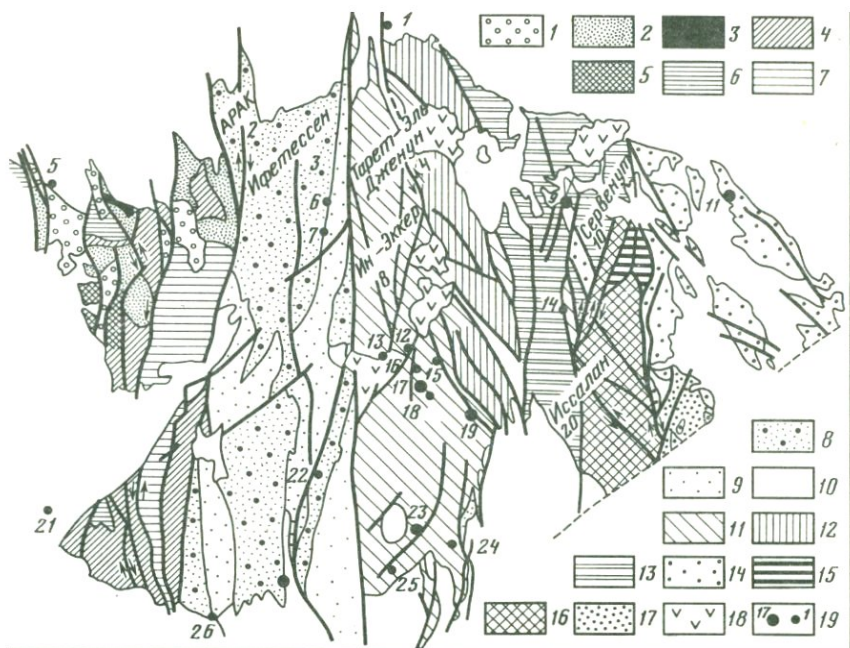
Рис. 48. Положение вольфраморудных регионов (штриховка) Африки относительно участков земной коры разной мощности (изолинии). С использованием данных [6]

вой (оловянно-вольфрамовая формация), серицит-кварцевой (золото-вольфрамовая формация). Они в основном шеелитовые.

В Родезийской глыбе встречена стратиформная шеелитовая минерализация. Первоначально эксгалационно-осадочные накопления вольфрама, связанные с субмаринным базальтовым вулканизмом, в дальнейшем подверглись метаморфизму, после чего образовались руды. Сходные месторождения приурочены к "формации" Булавайо (2900 млн. лет) и формации Пиривири (1950 млн. лет). Оруденение шеелитовое, переходное между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями, приурочено к апобазитовым гранат-везувиан-эпидотовым породам. Шеелитовое оруденение скарновой группы формаций имеется также в районах Шеелит Вэлли, Мурчисон (ЮАР).

В Трансваальской синеклизе расположены месторождения, связанные с Бушвельдским гранитным плутоном. Они представлены трубчатыми рудными телами оловянно-вольфрамовой формации кварц-турмалин-хлоритовой и специфической гранитовой группы [57].

В Ливийско-Нигерийской области в Нигерийско-Сахарском рудном поясе имеются мезозойские (J–K) месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (на плато Джос), в Атакоро-Ахаггарской области и в складчатых зонах дамарид и кибарид возраст оруденения прете-



ис. 49. Размещение вольфрамоворудных формаций (показаны точками) в массиве хаггар (Африка). Син- и посторогенные граниты не показаны. По J.M. Bertrand, L. Caby, 1978 г., Г.Н. Нечелюстову и др.

Западная часть массива: 1 – молассовые отложения, частично кембрий; 2 – породы  $PR_3$ ; 3 – основные и ультраосновные комплексы; 4 – метаосадочные породы  $R_2$  до  $PR_3$ , подвергшиеся Панафриканскому метаморфизму барровианского типа; – то же с наложением позднего Панафриканского НТ/ЛР метаморфизма; 6 – эбурейский фундамент; 7 – эбурейские гранулиты блока.

Центральная часть массива: 8 – породы  $PR_3$ , включая “дотектонические” известково-щелочные батолиты; 9 – породы  $PR_3$ . Центральная и восточная части массива: 0 – породы  $PR_3$ ; 11 – домен Тефедест-Атакор; 12 – домен Алексо; 13 – домен мелален-Темазин; 14 – “формация” Туирин; 15 – пояс Туирин (позднее Панафриканский); 16 – блок Иссалан; 17 – Восточно-Сахарский кратон; 18 – палеозойский чехол и современные вулканы; 19 – месторождения и рудопроявления: 1 – мгид, 2 – Арак, 3 – Ифетессен, 4 – Гарет-эль-Дженун, 5 – Уаллен (Валлен), 6 – есну, 7 – Эль-Бема Восточное, 8 – Ин-Эккер, 9 – Тин-Акала, 10 – Сервенут, 11 – Бжанет, 12 – Тазсса-Южное, 13 – Тин-Теганет, 14 – Исилатем-Южное, 15 – Ин-Тунин, 6 – Тамарассет, 17 – Эль-Карусса и Тин-Амзи, 18 – Аммеда, 19 – Башпир, 20 – Иссалан, 21 – Бордж-Моркхтар, 22 – Тимгаун, 23 – Нахда, 24 – Лауни (Лавни), 5 – Седис, 26 – Тин-Заутен

озойский. В обеих метаплатформенных областях распространены мелкие, многочисленные плутогенные месторождения. Граниты в первом луче Li-F геохимического типа, во втором – стандартного.

В массиве Хаггар есть множество мелких плутогенных месторождений оловянно-вольфрамовой формации (рис. 49). Большинство из них локализованы в бортах крупных меридиональных, реже северо-восточных или северо-западных разломов, часть – в субмеридиональных границах блоков пород протерозоя.

Вольфрамовое оруденение Нигерийско-Сахарского и Дагомейско-Ти-



бестийского рудных поясов связано с палеозойско-мезозойской ТМА Дагомейско-Нигерийского кристаллического массива. Упомянутые массивы сложены морфическими породами от PR (дагомий) до R, но в основном PR<sub>3</sub> центральной части байкальского пояса. На востоке, где обнаружены образования PR, прорванные "древними" гранитами, переходящими в гранито-гнейсы (абс. возраст 480–450, в Камеруне 600–640 млн. лет), проявлено байкальское "омоложение" пород, вызванное процессами ТМА.

Характер вольфрамового оруденения складчатых областей рудного возраста консолидации, входящих в фундамент платформы, различен. Резко преобладает жильное оруденение оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, присущее почти всем редкометальным рудным провинциям континента. Вольфраморудные месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой, реже пегматитовой группы распространены в основном на территории Центрально-Африканской рудной провинции, развивающейся по миогеосинклинальному типу и сложенной терригенными породами Кибарской складчатой системы (рис. 50). Оруденение оловянно-вольфрамовой пегматитовой формации имеется в массиве Тибести, на о-ве Мадагаскар (Мариволантира).

Особенность оруденения — совмещение в рудных полях рудных тел с оруденением пегматитовой и грейзеновой групп формаций, частая ассоциация вольфрамитов не только с касситеритом, но и с танталом-ниобатами. Собственно вольфрамовое оруденение развито только в месторождениях грейзеновой группы, в пегматитах оно всегда сопровождается оловянным.

Рис. 50. Положение месторождений оловянно-вольфрамовой формации на схеме тектонического районирования Экваториальной и Южной Африки, составленной Л.И. Салопом (1977 г.)

1 — область раннепалеозойской (панафриканской) активизации; 2 — эпипротозойские складчатые пояса; 3 — эпипротозойские (1000–1100 млн. л.) авлакогены; 4 — эпипротозойский платформенный чехол; 5 — средне-верхнепротозойский эпипротозойский приразломный (шовный) прогиб; 6 — неопротозойские (1900–2000 млн. л.) складчатые пояса; 7 — нижнепротозойские авлакогены и пояса слабой складчатости и куполовидных структур; 8 — область накопления нижнепротозойских вулканогенных толщ (тафрогены); 9 — мезопротозойские (2600–2800 млн. л.) складчатые пояса; 10 — мезопротозойский платформенный чехол; 11 — архейский и палеопротозойский (3500–3700 млн. л.) фундамент кратонов; 12–16 — границы: 12 — мезопротозойских складчатых поясов и древних кратонов (зубчики направлены к кратонам), 13 — неопротозойских складчатых поясов и кратонов (платформ), 14 — нижнепротозойских авлакогенов и поясов слабой складчатости, 15 — неэпипротозойского приразломного прогиба, 16 — эпипротозойских складчатых поясов и платформ; 17 — области раннепалеозойской активизации ("Мозамбикский фронт").

I — пояс Малагараси-Лула, II — краевой прогиб Букоба, III — зона Карагве-Анколе, IV — блок Бангвеулу.

Авлакогены: Кунделунгу (V), Джа (VI), Франсвиль (VII). VIII — массив Шайлу. 18 — вольфрамовые месторождения: Гутчуми, Рибало (1), Киерима (2), Лукуга (3), Кясампаво (4), Сенсиби (5), Кисима, Бакваме (10), Игунжере, Коругу-Чамуниана (13), Набабип (15), Гудхаус (16), Кальбин, Хенкриз, Исиз (17), Эссексвале (20), Коллинской (23), Кибунгу (26); оловянно-вольфрамовые: Касесе (5), Атондо, Лубиле (6), Каило (7), Калима (8), Кигали, Равинкваву (9), Камисанга (11), Калулу (12), Брандберг Вест (14), Стелленбос (18), Зайплатс (22), Ван Ройс Влей (24), Кюлеривер (25), Кабумбулу (27), Козро (28), Кибу (29), Нзоке (30), Мокома (31), Баучи (32), Риши Хиллс (32), Джос-Букура (33). Встречаются единичные медно-вольфрамовые месторождения — Маюмбе (19), Гиппо (21)

Характер минерализации зависит от блокового строения кристаллических массивов. В Центрально-Африканской рудной провинции месторождения ферберита пространственно разобщены с вольфрамит-касситеритовыми и касситеритовыми, а в массиве Тибести эти минералы встречаются в одних жилах.

Вольфрамит, встречающийся в месторождениях оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, количественно резко подчинен касситериту, что характерно для указанной формации, связанных с гранитами Li-F геохимического типа.

На севере Африки в авлакогеосинклинальной зоне, прекратившей активность в герцинское время, расположено плутоногенное месторождение Азегур, переходное между медно- и молибден-вольфрамовой формациями скарновой группы, а в выходе докембрийского фундамента—докембрийские (?) месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (Белельете и др.) Месторождение Азегур, залегающее в отложениях герцинского геосинклинального этажа, ассоциирует с лейкогранитами, входящими в состав гранодиоритового плутона, возникшего во время замыкания герцинской геосинклинали. Молибден-вольфрамовая формация представлена еще жильным месторождением района массива Тишка. В металлогенической зоне Анти-Атласа, сложенной осадочными, метаморфическими и магматическими породами, консолидация произошла в позднебайкальскую эпоху. Здесь имеются мелкие жильные проявления молибден- и золото-вольфрамовой формаций.

Нигерийско-Сахарский рудный пояс меридиональный локализован в осевой части складчатой системы с возрастом консолидации 800—600 млн. лет, примерно в зоне линеамента, намеченного М.А. Фаворской и ее сотрудниками и проходящего в Европу, ограничивающего с запада южную часть континента, восточное побережье северо-западной части Африки и продолжающегося в Европе. Здесь проходил граничный разлом протерозойской (?) геосинклинали, разобщающей Нильский и Западно-Африканский щиты с возрастом консолидации 2500—1300 млн. лет, где к нему также приурочены месторождения грейзеновой формации Li-F типа. Оруденение региона плато Джос сходно с оруденением региона Рондония Южно-Американского континента.

В отличие от других вольфраморудных провинций Африки, провинция плато Джос в основном, по-видимому, юрская [86]. Здесь вольфрамовое оруденение связано с плутонами гранитов Li-F типа вулканоплутоńskiego комплекса, возникшего в условиях орогенной ТМА.

Итак, на континенте наиболее распространены протерозойские складчатые системы и протерозойские месторождения вольфрама оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой, в меньшей мере пегматитовой групп, оруденение обычно сильно оторвано во времени от складчатости, но если и связано, то с отраженной ТМА. Архейские месторождения отличаются от этих по формационной принадлежности: они стратиформные скарновой группы, переходные между сурьмяно- и золото-вольфрамовой формациями. Герцинские месторождения редки, они скарновые, переходные между медно- и молибден-вольфрамовой формациями.

Обращает внимание отсутствие на Африкано-Аравийском континенте традиционных типов месторождений молибден-вольфрамовой, как и

собственно молибденовой формации значительных масштабов. Это связано, по-видимому, с преимущественно протерозойским возрастом оруденения (а месторождения молибдена характерны для фанерозоя), сланцевым характером геосинклиналей протерозоя, занимающих почти всю территорию континента, отсутствием вулканоплутонических комплексов, в которых интрузивные тела были бы представлены штоками, принадлежностью гранитов Li-F геохимическому типу. На континенте нет вулканогенных месторождений вольфрама, что обусловлено отсутствием здесь фанерозойских полициклических геосинклинально-складчатых областей и областей кайнозойской ТМА с нормальным, а не щелочным составом магм, в которых обычно распространены подобного типа месторождения [57]. С субщелочными магмами основного состава, которыми сопровождается здесь процессы тектонической активизации вольфрамовое оруденение, обычно не ассоциирует.

## VI. ИНДОСТАНСКИЙ СУБКОНТИНЕНТ

Особенности размещения вольфраморудных формаций на этом субконтиненте показаны нами ранее [57]. Рис. 51, иллюстрирует положение месторождений оловянно- и реже золото-вольфрамовой формации вдоль или вблизи границ блоков, сложенных породами структурных комплексов фундамента разного возраста консолидации. На рис. 52 показано размещение большинства месторождений в бортах рифтовых и вулканических зон. Большинство месторождений располагается в участках земной коры с мощностью 40 км или менее (рис. 53).

## VII. АВСТРАЛИЯ

Месторождения вольфрама этого континента незначительны. Они расположены в рудном поясе, протягивающемся вдоль интрагеосинклинального поднятия герцинид субпараллельного восточному ограничению континента и в блоках фундамента Западно- и Центрально-Австралийской платформ (табл. 8, рис. 54), чаще всего — по границам блоков разного возраста консолидации (рис. 55). Большинство месторождений приурочены к участкам земной коры с мощностью 40 км и менее (рис. 56). Некоторые месторождения находятся в бортах рифтов.

### Австралийская платформа

На этой платформе вольфрамовое оруденение выявлено на щитах — в древнейших глыбах и в разобщающих их складчатых зонах. В древнейшей глыбе фундамента — Йилгарн преобладают мелкие кварцевожильные месторождения золото-вольфрамовой формации (Энда Майн, Хиггинсвил, Пибара, Пулладжайн, Куддинг-Варра, Саудерн-Кросс, Маунт Гибсон, Варьедар, Вестония, Паркерс Рэиндж и др.), в зеленокаменных отложениях (амфиболиты и др.) (абс. возраст  $2,4 \cdot 10^9$  л.) [19]. Из минералов вольфрама обычен шеелит, но нередок и ферберит (в месторождениях

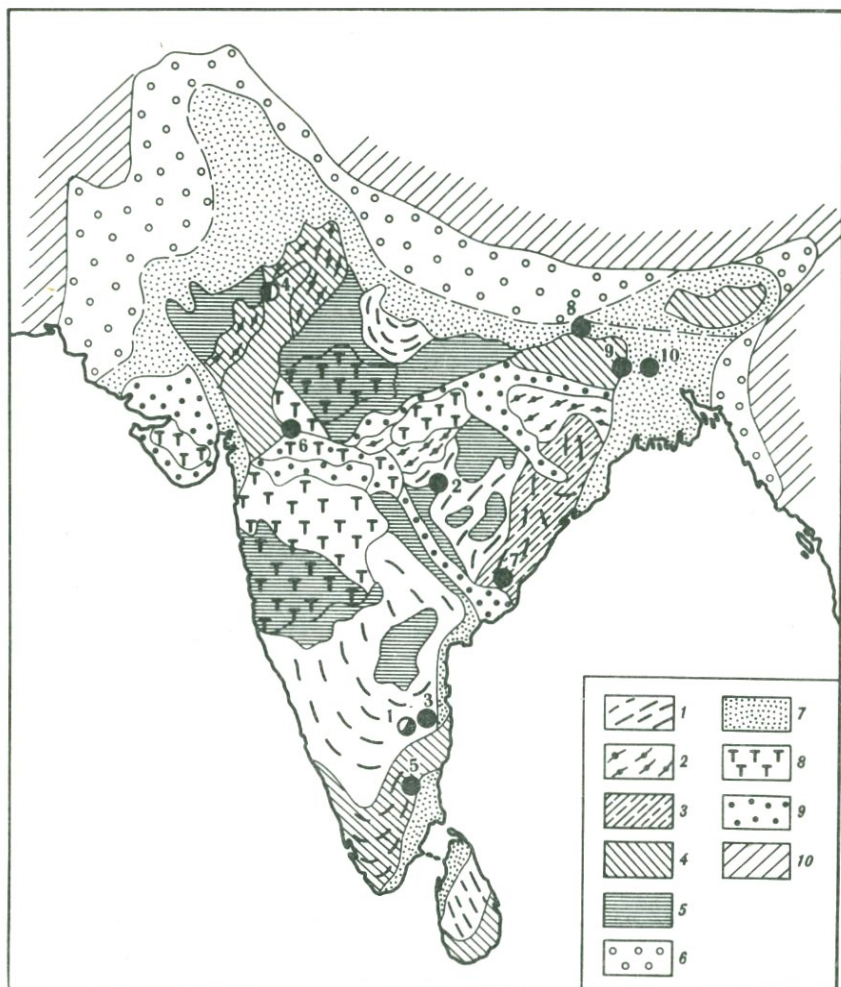


Рис. 51. Положение вольфрамородных формаций на тектонической схеме Индостанского субконтинента, составленной В.Е. Ханним, 1974 г.

1 – области эпихерсейской консолидации; 2 – области раннепротерозойской консолидации; 3 – ранний докембрий (нижний протерозой и др.), переработанный в среднем протерозое и в начале позднего протерозоя; 4 – то же, в конце протерозоя; 5–7 – осадочные чехлы: позднедокембрийского (куддапахско-виндийского) возраста (5), позднепалеозойского-раннемезозойского (гондванского) возраста (6), позднемезозойско-кайнозойского (послегондванского) времени (7); 8 – трапсы мела – раннего палеогена; 9 – передовые прогибы альпийского возраста; 10 – складчатые сооружения альпийского возраста.

Месторождения: 1 – Колар, 2 – Агаргаон, 3 – Кангунди, 4 – Реват-Хилл, 5 – Кадавур, 6 – Джхер, 7 – Кавадигундла, 8 – Джанрас-Хилл, 9 – Калимати, 10 – Чхендапатар

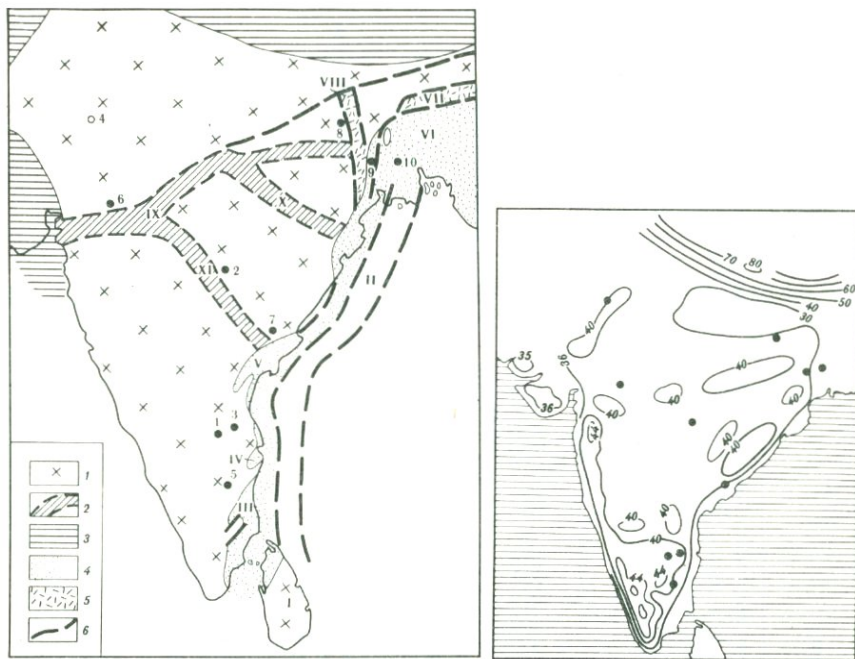


Рис. 52. Положение вольфраморудных формаций (точки) относительно рифтовых зон на субконтиненте Индостан. С использованием материалов Е.Е. Милановского, 1983 г.

*I* – поднятие Шри Ланка, *II* – гипотетическая зона окраинных поднятий. Впадины: Каувери-Полк (*III*), Палар (*IV*), Годавари-Кришна (*V*), Западно-Бенгальская (*VI*). Вулканические зоны: Силхет (*VII*), Раджмахал (*VIII*). Рифтовые зоны: Нормада-Сон (*IX*), Маханади (*X*), Годавари (*XI*).

*1* – области архейской консолидации, *2* – рифтовые зоны, *3* – альпийская складчатая система, *4* – области накопления терригенных обломочных отложений, *5* – вулканы, *6* – разломы

Рис. 53. Положение вольфраморудных формаций (точки) относительно участков с повышенной мощностью земной коры (изолинии) субконтинента Индостан. С использованием материалов [6]

Варьедар, Вестония). Добыча вольфрама осуществляется, большей частью, попутно с золотом.

Вольфрам содержится, иногда в промышленных количествах, в пегматитах месторождений молибден-вольфрамовой (Кэлли Соак) и оловянно-вольфрамовой (Вуджина, Клара Хилл, Кударди, Поона и др.) формаций, находящихся на щитах (в глыбах Йилгарн и Пилбара).

Формационная принадлежность месторождений вольфрама, залегающих в складчатых зонах фундамента платформы, иная, чем в древнейших глыбах. Здесь встречаются месторождения молибден- и оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, изредка – медно-вольфрамовой формации кварц-серцитового группы.

Выделяют две разновозрастные группы складчатых зон. Возраст складчатых зон первой группы (Пайн-Крик с месторождениями Енберри и Воль-

Таблица 8

**Вольфрамоносные тектонические структуры Австралийского континента и Ново-Зеландской островной дуги**

Структурные позиции вольфрамоносных площадей	Типы рудных провинций, их названия	Магматическая ассоциация, комплекс, породы	Вмещающие породы, структурный этаж	Рудная формация	Типы рудных тел	Минеральные ассоциации	Месторождения
1	2	3	4	5	6	7	8
Подвижные пояса фундамента Австралийской платформы (протерозойский)							
Западно-Австралийский щит	Субмаринных вулканитов	2400 млн. лет ?	?	Золото-вольфрамовая	Жилы кварца	Кв, Ш, очень редко ФБ	Пулладжайн, Пибара, Кудинг-Варра, Саудерн Кросс
	?	Плутоническая гранитная	Кристаллические сланцы и роговики	Медно-вольфрамовая серицит-кварцевая (?)	То же	Кв, Вт, Хп	Вольфрам, Кэмп
	?	То же	Граниты (?)	Молибден-вольфрамовая грейзеновая и медно-вольфрамовая серицит-кварцевая (?)	То же	Кв, Вт, Мо, Ап, минералы Cu, П; немного Вi	Район Енберри
Центрально-Австралийский щит. Подня-	Переходный терригенный субаэральный вулканический пояс (андезит-дацитовый) (?)	Плутоническая габбро-гранитный, габбро, гранодиориты, граниты (PR <sub>1</sub> /PR <sub>3</sub> ) (1440 млн. лет) замыкание геосинклинали или готской ТМА	Песчаники, конгломераты, сланцы, кварциты, кислые порфиры, андезиты (PR <sub>2</sub> ) габбро, диориты, граниты	Медно-вольфрамовая серицит-кварцевая ?	Жилы кварца	Кв, Сл, Вт, Ш, минералы висмута, Му, немного Мо, Хп, Тэ	Хетчес-Крик
тие блока (PR <sub>1-2</sub> ) в палеозойской синеклизе		складчатой системы					
	Терригенный	Плутоническая ? гранитная	Песчаники, сланцы (PгЄ), серицит-кварц-турмалиновые сланцы	Вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца	Кв, Вт, Ту, Сер, Т	Ваучоп
	То же	Плутоническая гранитная жильные диориты и граниты	Кремнистые и слюдяные сланцы (Pг Є) фундамент	Оловянно-вольфрамовая	То же	Кв, К, Вт, обильный Ап	Район Клара Хилл
	То же	Плутоническая гранитная	Граниты	Молибден-вольфрамовая (?)	То же	Кв, Вт, сульфиды Fe, Cu, В, Мо, Фл	Вомоби, Вольфрам (Тоголонг)
Подвижные пояса складчатого обрамления Австралийской платформы Сегмент Лакланский (раннегерцинский или позднекаледонский)							
Антиклинорий	Субаэральных вулканитов (андезит-риолитовый ?)	Плутоническая (P-T, 245-225 млн. лет) (P <sub>1</sub> , 275-260 млн. лет)	Порфиры и сланцы (PZ <sub>2-3</sub> ), граниты. Геосинклинальный герцинский орогенный	Молибден-вольфрамовая грейзеновая	Трубчатые и изометричные тела, жилы кварца	Кв, Му, Вт, Мо (Хл, Фл, Ш), СФ, Гл, Хп, П, Ап, Пр, Вс	Бемфорд, Вольфрам
Вблизи выступа фундамента (Pг Є)	То же	Плутоническая гранитный	Песчаники, сланцы (S, D) вулканогенные породы (PZ <sub>3</sub> ) геосинклинальный, орогенный	Молибден-вольфрамовая и вольфрам-оловянная грейзеновая	То же, зоны грейзенов	Вт, Ап, Сд (Мо, Бс и др.), Фл, К	Гербертон

Таблица 8 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
Краевые части выступов фундамента (Рг Е)	То же	Плутоническая гранитный	Граниты, сланцы, кварциты (Рг Е) фундамент	Оловянно-вольфрамовая пегматитовая и грейзеновая	Жилы пегматита Жилы кварца	Кв, Пш, К, Вт Кв, К, Вт, П, Сф, Фл, Т, Бе, Вс	Аберфойл, Стори-Крик
То же	То же	Плутоническая граниты, гранит-порфиры (350–300 млн. лет)	Кварцит, тактит	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая	Жилы кварца	Кв, К, Вт, Ш, Вс, Ви, П, Пр, Мо, Хп, Гл, Фл, Т, Бе	Мойна, Шеппард
Антиклинорий	Субмаринных вулканитов	Плутоническая гранодиорит-гранитовая (385–350 млн. лет D), лейко-гранитовая (350–300 млн. лет, С <sub>1</sub> )	Аргиллиты, мраморы с прослоями базальтов, основных пирокластов, известняки (Р <sub>3</sub> ) фундамент	Молибден-вольфрамовая скарновая	Послойные залежи скарнов	Гр, Ди, Эп, Мош, Ш, Пр, Хп, П, Мо, Ап, Сф, Вс, Бу, Э	Кинг-Айленд
Сегмент Новая Англия (позднегерцинский)							
	Зеленокаменный	Плутоническая гранитная (280–225 млн. лет и К)	Метаморфические сланцы и песчаники	Вольфрамовая	Жилы кварца	Кв, Вт	Маунт Мэрфи
Антиклинорий, скрытый разломом фундамента	Терригенный	Плутоническая гранодиорит-гранитной формации. Гранодиориты, биотитовые граниты (Р <sub>1</sub> , Р–Т, К <sub>1</sub> )	Вулканиты и аргиллиты (Р <sub>2</sub> )	Оловянно-вольфрамовая грейзеновая и кварц-турмалин-хлоритовая	Жилы кварца и хлорит-сульфидные трубчатые тела	Кв, Вт, Т, Пш, –Би, Хл, Сер, Ви, Вс, К, См, Саф, Ап	Торрингтон, Вулкан
Антиклинорий область эпиорогенной ТМА	Зеленокаменный	Плутоническая гранитная? (280–225 млн. лет и К)	Кристаллические и шиферные сланцы, кварциты, граниты плутона	Сурьяно-вольфрамовая, переходы к золото-вольфрамовой аргиллизитовая (?)	Жилы кварца	Кв, Ш, Ам, З	Хилгров, Метц
Ново-Зеландский сегмент (альпийский)							
Островная дуга Ново-Зеландская	Субмаринный вулканический пояс (зеленокаменный)	Плутоническая. Габбро-гранитный (К)	Граувакки, алевролиты, туфы и лавы андезитовой и спилитовой формаций (Р <sub>2</sub> –Т) геосинклинальный	Золото-вольфрамовая березитовая (?)	Жилы кварца пологие	Кв, Ш, Ап, З, П	Гленорчи и другие

Примечание. Буквенные обозначения минералов см. в примечании к табл. 1.

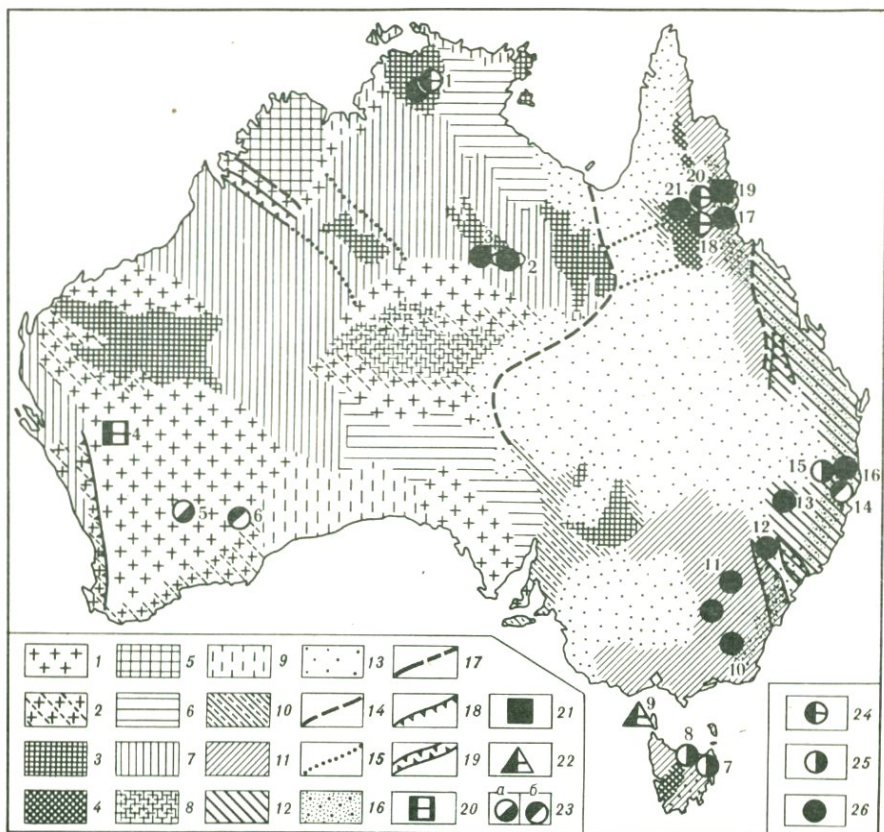


Рис. 54. Размещение вольфрамовородных поясов и районов на тектонической схеме Австралии. С использованием материалов [28, 65], с упрощением

Древняя платформа (Западно-Австралийский и Центрально-Австралийский щиты): 1 – архей; 2 – активизированный архей; 3 – нижний и средний протерозой, складчатые пояса; 4 – активизированный нижний и средний протерозой; 5 – нижний и средний протерозой, платформенный чехол; 7 – палеозойский платформенный чехол; 8 – отложения верхнего протерозоя – палеозоя авлакогенов; 9 – кайнозой, платформенный чехол. Молодая плита: 10 – верхний протерозой, складчатые пояса; 11 – нижний и средний палеозой, складчатый пояс; 12 – верхний палеозой, складчатый пояс; 13 – мезо-кайнозойский платформенный чехол; 14 – границы структур; 15 – предполагаемые границы под чехлом; 16 – предполагаемая граница древней Австралийской платформы; 17 – разломы; 18 – сбросы; 19 – грабены; 20 – месторождения: 1 – Вольфрам-Хилл, 2 – Хетчес-Крик, 3 – Уаучоп, 4 – Калли-Соук, 5 – Эдна-Майн, 6 – Хиггинсвил, 7 – Аберфойл, 8 – Стори-Крик, 9 – Кинг-Айленд, 10 – Маунт-Морфи, 11 – Войма, 12 – Вагга-Вагга; 13 – Фрогмор (Рай-Парк), 14 – Хилгров, 15 – Торрингтон, 16 – Станхоп, 17 – Хербертон, 18 – Бэмфорд, 19 – Маунт-Карбайн, 20 – Вольфрам, 21 – Чиллаго

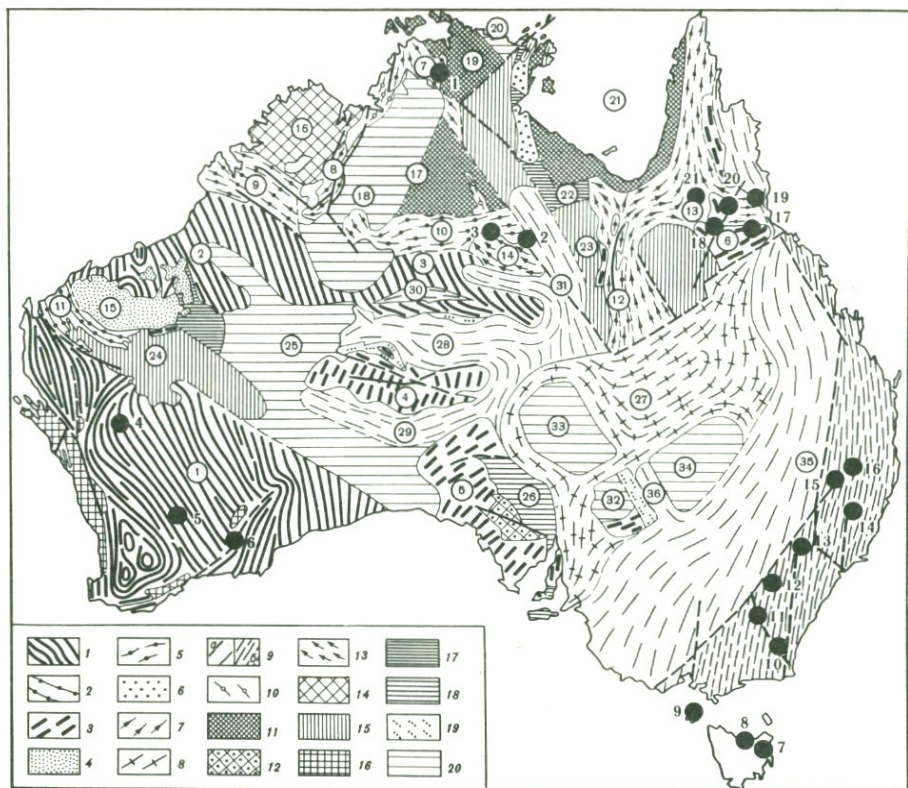


Рис. 55. Размещение вольфраморудных месторождений на схеме тектоники докембрия Австралии (фанерозойские породы сняты), составленной Ч.Б. Борукаевым (1976 г.), с дополнениями

Возрастные подразделения, которым соответствуют геосинклинальные и платформенные комплексы. Геосинклинальные: 1 – нижний докембрий, складчатый; 2–4 – нижний средний докембрий (наллагайний) – складчатый (2 и 3) и нескладчатый (4); 5 – верхний–средний докембрий (наллагайний), складчатый; 6, 7 – средний и (или) верхний докембрий (карпентарий): нижний нескладчатый (6), переходный ниже-верхний складчатый; 8, 9 – верхний докембрий (аделаидий), складчатые: переходный между нижним и верхним (8), верхний (9а) – время консолидации  $PR_3^3 + PR_3^5V$ ; 9б – время консолидации  $PR_3^3 - PZ_1$ ; платформенные: 10 – наллагайний верхний, складчатый; 11–14 – средний и (или) верхний докембрий (карпентарий): нескладчатый нижний карпентарий (11, 12); переходные между нижним и верхним карпентарием, – складчатый (13) и нескладчатый (14); 15 – переходный между нижним или средним (карпентарием) и верхним докембрием (аделаидием); 16 – верхний докембрий (аделаидий) – нижний нескладчатый (16, 17) переходный между нижним и верхним, нескладчатый (18), верхние – складчатый (19), нескладчатый (20).

Цифрами в кружках обозначены: 1–26 – Австралийская платформа; Щиты: 1 – Йилгарн; 2 – Пилбара; 3 – Аранта; 4 – Масгрей-Манн; 5 – Голер; 6 – Джорджтаун. Складчатые зоны: 7 – Пайн-Крик; 8 – Холлс-Крик; 9 – Кинг-Лиополд; 10 – Уоррамунга; 11 – Ашбертон; 12 – Маунт-Айза; 13 – Этеридж; 14 – Дейвенпорт. Плиты: 15 – Наллагайн; 16 – Кимберли; 17 – Стерт; 18 – Виктория-Ривер; 19 – Арнем; 20 – Арафура; 21 – Карпентария; 22 – Саут-Николсон; 23 – Пилпа; 24 – Бангемол; 25 – Гибсона; 26 – Стюарт; 27 – эпикратонная геосинклинальная складчатая область Аделаида с авлакогенами; 28 – Амадиес; 29 – Оффисер; 30 – Нелля; 31 – Джорджино-Токо и средними массивами; 32 – Брокен-Хилл; 33 – Фром; 34 – Пару. 35 – ортогеосинклинальная складчатая Тасманская область с авлакогеном; 36 – Банкания. Жирными линиями показаны наиболее крупные разрывные

смещения, в Тасманской геосинклинально-складчатой системе восточнее системы разломов, контролирующей размещение месторождений вольфрама, блок фундамента сложен породами  $PR_3^3 + PR_3 V$ , западнее системы разломов — породами  $PR_3^3 + PR_3 V$ . Точки с цифрами — месторождения вольфрама (номера — как на рис. 54)

фрам Кэмп (Бёрнс<sup>1</sup> молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы формаций), — конец наллагаиния. Они находятся на границе плиты Арнем и складчатой зоны Пайн-Крик (Северная Территория) фундамента в краевой части гранитного массива Пайн-Крик. Складчатая зона Пайн-Крик интракратонная, сложена терригенными складчатыми комплексами среднего докембрия (наллагаиния). В верхах комплекса есть кислые вулканы Эдит-Ривер небольшой мощности, комагматичные с прорывающими комплексы гранитами (абс. возраст 1760 млн. лет).

Возраст зон второй группы, в которую входят зоны Этеридж и, возможно, Дайвенпорт с месторождениями Хэтчес-Крик (медно-вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы) и Уаучоп грейзеновой группы, карпентарийский. В Верхнедокембрийской складчатой зоне Дайвенпорт, сложенной карпентарием, обнаженной в выступе фундамента (блок Теннант-Крик), размещающейся на границе щита Аранта и складчатой зоны Уоррамунга, находятся месторождения вольфрама Уаучоп грейзеновой группы и Хэтчес-Крик медно-вольфрамовой формации кварц-серицитовая группа. Это — регион значительного тектонического рельефа (мощность отложений в синеклизе — до 6000 м, а оруденение находится в тектоническом "окне" — выступе докембрийского фундамента). Месторождение расположено в ядре антиклинали, в месте изменения простирания региональной складчатости от СЗ до СВ. Хотя месторождения Хэтчес-Крик и Уаучоп расположены одно вблизи другого, не ясно, связано ли их оруденение с одним магматическим комплексом.

## ТИХООКЕАНСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС

### *Тасманская палеозойская геосинклинально-складчатая область*

Послепозднепротерозойские металлогенические провинции находятся за пределами щита Австралийской платформы — в Тасманском металлогеническом поясе — юго-западном сегменте Тихоокеанского рудного кольца. Здесь выделяют по четыре или пять олово-вольфрамоворудных провинций (с юга на север): Лаклан, Новая Англия, Ходжкинсон и Северный Квинсленд или Западная Тасмания и Блу-Тир, Нью-Ингленд, Хербертон, Куктаун.

Восточно-Австралийский рудный пояс приурочен к Тасманской палеозойской геосинклинально-складчатой области, к одноименному антиклинорию, субпараллельному побережью Тихого океана. Здесь распространено плутогенное оруденение оловянно- и молибден-вольфрамовой

<sup>1</sup> Месторождение Вольфрам Кэмп часто ошибочно (путая с месторождением Вольфрам) относят к провинции Квинсленд. Согласно координатам (132° 16' в. д. и 14° ю. ш.), указываемым австралийскими геологами, это месторождение находится в складчатой системе Пайн-Крик.



Рис. 56. Положение вольфраморудных регионов (штриховка) по отношению к участкам земной коры с повышенной мощностью (изолинии) на территории Австралии. С использованием материалов Н.А. Беляевского

формации в основном грейзеновой, частично—пегматитовой групп. Большинство месторождений расположено в позднекаледонской или раннегерцинской (PZ<sub>1-2</sub>) Лакланской складчатой области, в ее северной части (в штате Квинсленд) и в южной (в штате Виктория, на островах Кинг-Айленд и Тасмания). Месторождения сформированы в условиях герцинской орогенной гранитоидной ТМА во время замыкания прилегающей с востока позднегерцинской геосинклинали Новая Англия. Возраст плутонического комплекса гранит-лейкогранитной формации, несущих оруденение оловянно-вольфрамовой формации, в Лакланской системе понижается с юга на север: на острове Тасмания 370–340 млн. лет. (D), севернее — раннекарбонный (350–300 млн. лет), в Квинсленде — не древнее перми (граниты прорывают вулканиты герцинского орогенного этажа).

Одно из нарушений, контролирующих оруденение, проходит вдоль северо-восточного органичения островов Кинг и Тасмания. На острове Кинг, в провинции офиолитового типа находится одноименное месторождение молибден-вольфрамовой формации скарновой группы, одно из крупнейших в мире. Здесь добыта половина вольфрама Австралии.

На о-ве Тасмания часть проявлений вольфрамовой минерализации как бы продолжают Восточно-Австралийский рудный пояс, в целом субмеридиональный. В северной части острова имеется субширотный пояс промышленных месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (Барсуков, 1972 г.). Тектонические элементы острова (Тиннанский приподнятый блок и антиклиналь Рокки-Кейп) сформированы в раннекаледонскую тайенскую (Є<sub>2-3</sub>) орогеническую фазу, в поздне-

каледонскую — таббераберанскую ( $D_2$ ) фазу образовано складчатое обрамление поднятия и внедрились гранитоиды. Ранние интрузии представлены диоритами и пироксеновыми порфиритами. В позднюю фазу (канимбланскую  $C_2$ ?) внедрились кислые расплавы, с которыми связано оловянное и вольфрамовое оруденение.

В Западной Тасмании в серии Дундас (E) расположены существенно оловорудные месторождения касситерит-сульфидной формации (в нашей терминологии — вольфрам-оловянной формации серицит-кварцевой группы) — Маунт-Бишоф, Ренисон Белл, Химскирк Цикан. В Маунт-Бишоф вольфрамита нет. В Ренисон Белл и в Химскирк Цикан помимо касситерита и сульфидов содержится немного вольфрамита. В Химскирк Цикан в массиве гранитов имеются не только кварц-турмалиновые жилы и касситерит-сульфидные тела, но и грейзеновые зоны с касситеритом и вольфрамитом. На севере и северо-востоке Тасмании в рудном районе Мойна-жильное оловянно-вольфрамовой формации оруденение связано с гранитами (D) (рудники Шепперд, Мёрфи, Маунт Пелишн), Блю Тир, Аберфойл и Стори-Крик — вольфрамитсодержащие существенно оловянные месторождения.

На юге Лакланской складчатой области (штат Виктория) имеются два ряда месторождений вольфрама, расположенные вдоль взаимно-перпендикулярных нарушений, там, где фундамент представлен самыми верхами PrE — складчатым верхним аделаидием. Вдоль одного из нарушений, параллельного юго-восточному ограничению континента, находятся месторождения вольфрама Маунт-Мёрфи, Войма, Вагга-Вагга, Фрогмор. Здесь периодически эксплуатировались мелкие собственно вольфрамитовые месторождения. Имеются также мелкие месторождения вольфрама Линатонс и Малдон. Немного вольфрамита обнаружено в рудопроявлениях олова пегматитовой, грейзеновой и кварц-турмалин-хлоритовой групп, связанных с гранитами, внедрившимися во время канимбланской орогении ( $C_2$ ) (Константинов и др., 1969 г.).

Севернее расположена вольфраморудная провинция Квинсленд — в блоке Тасманской складчатой области, ограниченном с севера продолжением северо-западной границы изометричного блока нескладчатого верхнего докембрия, окаймленного верхнедокембрийской складчатой системой Этеридж (нижне-верхний карпентарий), с востока — восточной границей континента, с запада — восточной границей щита Джорджтаун, сложенно-го складчатым средним докембрием — наллагайнием (вдоль этой границы проходит разлом Палмервилл). Часть месторождений локализована вдоль разлома, локализованного вдоль границы области развития самых верхов (верхний аделаидий) на востоке и низов (нижне-верхний карпентарий) складчатого верхнего докембрия, на продолжении простирания узкого линзовидного выступа складчатого среднего докембрия (наллагайния).

А.В. Вебб (1969 г.) наметил следующие металлогенические эпохи восточного Квинсленда: 1) рейвенсвудская (O— $D_1$ , 455—395 млн. лет); 2) хербертонская (C, 330—280 млн. лет. I фаза, сопровождаемая, в частности, оловянно-вольфрамовым оруденением, 330 млн. лет; II фаза, сопровождаемая оловянным оруденением 300—280 млн. лет); 3) тимпи (поздняя P — средний T) 235—220 млн. лет, (I фаза 235 млн. лет, II фаза, сопровождаемая оловянным и молибденовым оруденением, 220 млн. лет);

4) макейская ( $K_1 - 125$  млн. лет). По Р.М. Константинову и др. (1969 г.), верхняя граница интрузивного магматизма в Северном Квинсленде — нижняя перль.

Развитые на севере области каледонской складчатости вольфрамовые, висмутовые, оловянные месторождения связаны с пермскими гранитными плутонами, внедрившимися в каледонские структуры в среднюю стадию развития соседней герцинской геосинклинали.

В выходах верхнепалеозойских (от  $D_3$  до постпермокарбонových) плутонов, прослеживаемых вдоль восточного края континента на площади свыше  $160 \times 480$  км, и вмещающих их породах на расстоянии до 400 м от их контактов имеются месторождения оловянно- и молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы, представленные трубчатymi, жильными, редко — грейзеновыми телами. Главное вольфрамовое оруденение Квинсленда представлено трубчатymi и жильными рудными телами заполнения молибден- и оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, очень редко — пегматитами и частично россыпями. Не только в Квинсленде, но и во всей континентальной части Лакланской складчатой системы W добывается в основном из коренных источников, а Sn — из россыпей. Месторождение Маунт-Карбайн — пегматитовое; 90% вольфрамовых (в основном вольфрамитовых) концентратов получено из трубчатых и жильных месторождений Хербертон, Бэмфорд-Петфорд, Вольфрам и Чиллага [65].

На простирации упомянутого выше меридионального нарушения, уже в герцинской складчатой системе Новая Англия, вблизи места пересечения восточной границы континента границей плиты, перекрытой чехлом (MZ—KZ), здесь перпендикулярной простирацию Тасманской складчатой области, находится рудный район (месторождения Торрингтон, Хилгров и Стантхоп). Оруденение ассоциирует в основном с пермо-триасовым (245—225 млн. лет) плутоническим комплексом гранитов.

Один из наиболее поздних циклов магматизма начался с  $S_3$  и продолжался до  $T_1$ . В ранние фазы цикла внедрились граниты, затем излились кислые лавы и внедрились кольцевые интрузии. Цикл завершился интрузиями гранитов. Наиболее молодыми гранитами, являются граниты бассейна Мэрлборо, рвущие покровы андезитов ( $J_{2-3}$ ) (Константинов и др., 1969 г.). В месторождении Торрингтон, связанном с гранитами (238 млн. лет  $P_2$ ), совмещено оруденение молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы и оловянно-вольфрамовой формации кварц-турмалин-хлоритовой группы. В этом отношении оно напоминает месторождение Маунт-Плезант (Канада).

В Новом Южном Уэльсе имеется промышленное вольфрамовое месторождение Локвуд.

Вольфрамит встречается в оловорудном поле Ардлетон, в месторождениях Бигоу, Карпази, Тайлер Хилл и Балу Хилл в ассоциации с касситеритом.

На самой восточной оконечности Австралийского материка на территории Нового Южного Уэльса имеется промышленное шеелитовое месторождение Метц сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, связанное, возможно, с проявлениями мелового или еще более молодого магматизма. В этой же зоне имеется месторождение Хилгров, пере-

ходное между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями аргиллитовой группы. Месторождения этого типа в штате Новый Южный Уэльс широко распространены [8,65].

### Ново-зеландская мезо-кайнозойская геосинклинально-складчатая область

Согласно Ю.М. Пущаровскому (1973 г.), почти вся территория Новой Зеландии представляет собой альпийскую (позднекайнозойскую) складчатую область, возникшую на каледонском складчатом фундаменте. В ее строении участвуют геосинклинальные комплексы (MZ), представленные мощными граувакковыми толщами (P, T, J), угленосные континентальные формации (J, K) морские терригенные отложения (N), а также вулканические и интрузивные породы (MZ и KZ).

Здесь находится промышленное месторождение золото-вольфрамовой формации Гленорчи, возникшее в последнюю фазу мелового тектогенеза. Помимо этого месторождения, имеется приразломное горячее озеро с повышенным содержанием вольфрама в кремнистых осадках (около 3%).

В пределах острова Новой Каледонии выявлено небольшое вольфрамовое проявление Файя в субмаринных базальт-андезитовых лавах третичного возраста (P). Здесь имеются жилки датолита с вкрапленностью шеелита. Шеелит генетически связан с базальтами или с соседними перидотитами.

\* \* \*

Итак, все месторождения вольфрама Австралийского континента находятся в областях, где докембрийское основание является складчатым.

Оруденение, связанное с процессами фанерозойской ТМА, а возможно и сама активизация, на древней Австралийской платформе не проявились. Возраст оруденения уменьшается с запада (2400 млн. лет в щите Йилгарн) на восток (мезозойские месторождения золото-вольфрамовой формации, современные вольфрамоносные осадки). В том же направлении проявляется омоложение структурного этажа, в котором размещается оруденение. Большинство месторождений залегает в отложениях P<sub>1</sub>С – наиболее крупное Кинг-Айленд скарновой группы формаций, Аберфойл, Стори-Крик, Ваучоп грейзеновой группы, Клара Хилл пегматитовой группы; месторождения грейзеновой группы Бэмфорд и Вольфрам, Гербертон (штат Квинсленд) находятся в отложениях PZ<sub>2-3</sub> (песчаники и сланцы герцинского геосинклинального этажа S, D) и в вулканитах герцинского орогенного этажа PZ<sub>3</sub>; Торрингтон и Вулкан – в вулканитах и аргиллитах герцинского орогенного этажа (P<sub>2</sub>); Гленорчи и др. – в граувакках, алевролитах, туфах и лавах андезитовой и спилитовой формаций P<sub>2</sub>-Т (индосинийский геосинклинальный этаж).

Почти все месторождения Австралии плутоногенные. Исключение составляют месторождения Хилгров и Метц, а также горячего озера Новой Зеландии, минерализация на Новой Каледонии, отнесенные нами к вулканической ассоциации формаций. Месторождение Хэтчес-Крик связано с плутонической габбро-гранитной формацией (время замыкания готской геосинклинали или проявление готской ТМА 1440 млн. лет). Оруденение

месторождения Кинг-Айленд связано с гранодиорит-гранитовой 385–350 млн. лет, лейкогранитовой 350–300 млн. лет  $C_1$ . Оруденение месторождений Мойна и Шеппард оловянно-вольфрамовой формации связано с комплексом гранитоидов (абс. возраст 350–300 млн. лет). Бэмфорд и Вольфрам связаны с плутонической гранитной формацией 275–260 млн. лет,  $P_1$ , 245–225 млн. лет,  $P-T$ . Маунт Мёрфи – с гранитной (280–225 млн. лет). Оруденение месторождений Торрингтон, Вулкан связано с гранодиорит-гранитной формацией ( $P_1$ ,  $P-T$ ,  $K_1$ ), месторождений Хилгроув и Метц – с гранитной (?) (280–225 млн. лет и  $K$ ), Гленорчи – с габбро-гранитным (?) комплексом ( $K$ ).

В Австралии имеются следующие литологические типы вольфрамово-рудных провинций и районов: терригенного, порфиривого, офиолитового типа. Территория шита Йилгарн относится к офиолитовому типу провинций, что согласуется с древнейшим (2400 млн. лет) возрастом его консолидации. Здесь распространены мелкие плутогенные жильные месторождения золото-вольфрамовой формации березитовой группы.

Месторождения молибден- и оловянно-вольфрамовой формации пегматитовой группы имеются на Австралийской платформе, где залегают в фундаменте – на щитах (глыбах) Йилгарн (месторождение Калли-Соак), Пилбара (Вуджина) и в Тасманской складчатой области – в позднекаледонской или раннегерцинской Лакланской складчатой системе (Маунт-Карбайн).

Месторождения грейзеновой группы формаций находятся в антиклинории Тасманской складчатой области, простирающемся параллельно окраине континента, а также в фундаменте Австралийской платформы, где приурочены к складчатым зонам налагайния и карпентария. Масштабы месторождений, расположенных в Тасманской складчатой области, больше. На территории штата Квинсленд (на севере Лакланской складчатой области позднекаледонского или раннегерцинского возраста) находится герцинская рудная провинция вулканического (порфиривого) типа. Здесь, в отложениях  $PZ_{2-3}$  (песчаники и сланцы герцинского геосинклинального этажа,  $S, D$ ) и кислые вулканиты герцинского орогенного этажа ( $PZ_3$ ) развиты плутогенные месторождения оловянно- и молибден-вольфрамовой формаций грейзеновой группы, связанные с герцинской ТМА области – с гранитными комплексами (абс. возраст 275–260 млн. лет ( $P_1$ ) в 245–225 млн. лет ( $P-T$ )).

Главная часть оруденения находится в геосинклинальном структурном этаже. Приуроченность вольфрамового оруденения в каждой зоне Тасманской складчатой области ко второму по возрасту гранитному комплексу [19], свидетельствует о том, что во всех складчатых зонах оруденение связано с процессами орогенной гранитоидной активизации. Тектоническая обстановка формирования месторождений провинции Квинсленд напоминает таковую во время формирования месторождений молибден- и оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы в зоне поздних каледонид Центрального Казахстана, претерпевших герцинскую орогенную ТМА в связи с замыканием Джунгаро-Балхашской геосинклинали. В обоих случаях оруденение сформировано в краевых вулканических поясах (вулканиты средне-кислого состава) и в рудных провинциях порфиривого типа в связи с субвулканическими плутонами. В Австралии в областях орогенной

ТМА консолидированных складчатых областей границами докембрийских структур определяется размещение другой ассоциации формаций – плутонической (молибден- и оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы).

Медно-вольфрамовая формация серицит-кварцевой группы (месторождение Хэтчес-Крик), как отмечено, размещена только в выступе нижнепротерозойского блока Теннант-Крик. Хотя месторождение находится в синеклизе Каннинг, наложенной на щит, оруденение образовалось (1400 млн. лет назад) задолго до формирования синеклизы (PZ) и связано с плутонической габбро-гранитной формацией (замыкание геосинклинали или время готской ТМА (1440 млн. лет). Отложения карпентария складчатой системы Пайн-Крик, в которых залегают месторождения, имеют полуплатформенный или даже платформенный характер, что не исключает возможности связи оруденения с процессами ТМА.

Скарновых месторождений вольфрама на континенте ни в фундаменте древней платформы, ни в Тасманской геосинклинально-складчатой области не выявлено. Единственное исключение – самое крупное месторождение вольфрама Австралии – Кинг-Айленд молибден-вольфрамовой формации скарновой группы.

Р.М. Константиновым отмечено, что формационные типы оловорудных месторождений, развитых в докембрийском щите и Тасманской складчатой зоне, также различны. В щите распространены преимущественно оловяносные пегматиты, а в Тасманской зоне – месторождения касситерит-силикатной и касситерит-сульфидной формации. Как и на других континентах мира, месторождения этих формаций бедны минералами вольфрама, которые редко имеют промышленное значение.

Оловянно-вольфрамовая формация образовалась и в фундаменте платформы, и в геосинклинально-складчатой области. В древнейших глыбах, сложенных зеленокаменными породами, возникшими по образованиям нижнего докембрия фундамента, она относится к пегматитовой группе, в складчатых зонах фундамента, сложенных отложениями терригенных формаций налагайния и карпентария, – к грейзеновой группе, в Тасманской складчатой области – также к грейзеновой группе и частично к кварц-турмалин-хлоритовой группе.

В Австралии, как и на других материках южной группы, нет месторождений молибден-порфировой формации и гюбнеритовых.

### ТИПЫ ВОЛЬФРАМОВОРУДНЫХ ПРОВИНЦИЙ

Типы металлогенических (рудных) провинций намечаются по характеру магматизма (мафический, салический и др.), по степени консолидации земной коры, по возрасту оруденения и другим признакам. Нами предложено различать типы рудных провинций по ассоциациям формаций – магматических (структурно-магматический тип) и литологических (литологический тип) [52, 53] и разработана матричная систематика типов провинций.

Структурно-магматический тип провинций (плутонический, вулканоплутонический, вулканический) определяется структурными условиями

становления интрузивных тел рудоносных магматических комплексов металлогенической эпохи. Такое подразделение провинций имеет достоинства по сравнению с принятым (по геохимическим типам магматизма — сиалические, фемические и т.д.), поскольку несет дополнительную информацию о геодинамическом режиме становления рудоносных магматических комплексов, возможных условиях рудоотделения и образования рудо-вмещающих структур.

Литологический тип провинций (офиолитовый, терригенный, карбонатный, порфиоровый) определяется ассоциацией литологических формаций того структурного этажа, в котором залегают рудно-магматические системы. По латерали рудная провинция ограничивается ареалом распространения рудоносного магматического комплекса или контурами его проекции на земную поверхность. По вертикали провинции могут быть сквозными, охватывая, например, весь геосинклинальный этаж, или ограничиваться поверхностями структурных этажей или комплексов, соответствующих одному тектоническому циклу. Литологические типы провинций несут информацию о составе и свойствах пород слоистых толщ, влияющих на металлогенический облик провинций, и о составе и физико-механических свойствах среды, в которой осуществляется рудоотделение и рудоотложение. Преимущества предлагаемых принципов систематизации рудных провинций и в их большей конкретности, поскольку учитываются формации и их естественно-исторические сообщества — ассоциации.

Вольфрамоворудные провинции располагаются в геосинклинальных, платформенных, орогенических областях и областях континентального рифтинга. Матричная систематика типов рудных провинций разработана ранее [56]. По одной стороне матрицы нанесены три ассоциации синхронных оруденению магматических формаций (плутоническая, вулканоплутоническая, вулканическая), по другой — упомянутые выше четыре ассоциации литологических формаций. Систематика включает 12 типов провинций, подразделяемых на подтипы по преобладающим формациям. Прослежены различия плутоногенного оруденения литологических типов провинций и показаны сходство и различия оруденения в плутонических и вулканоплутонических провинциях каждого типа [53].

### **Структурно-магматические типы рудных провинций**

*Плутонические провинции.* Характеристика распространения этих провинций и их оруденения на Земле показаны нами [54, 57]. Оруденение ассоциирует с плутонами габбро-гранитной или габбро-плагиигранитной, монзонит-гранитной, гранит-лейкогранитной (стандартного и Li-F геохимического типа) формаций, представлено золото-, оловянно-, молибден-вольфрамовой формациями и др. Оно относится к скарновой, пегматитовой, грейзеновой, кварц-турмалин-хлоритовой, березит-лиственитовой группам. Оруденение чаще малосульфидное, но может быть с повышенным и даже значительным содержанием сульфидов, особенно характерны пирит, арсенопирит, молибденит, сульфиды Cu, Zn, Pb. В порфиоровых провинциях распространено оруденение оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, связанное с ранними фазами гранитных плутонов

Li-F геохимического типа, развитое в гранитах ранних интрузивных фаз, нередко пересекается жильными гранитами (Щерба, 1956 г., Повилайтис, 1957 г.) и даже гранитами дополнительных интрузивов. Рудные тела, связанные с предшествующими интрузивными фазами, могут пересекаться и замещаться гранитами последующих фаз, вследствие чего оруденение частично уничтожено (Повилайтис, 1964 г.; Щерба и др., 1968 г., Серых и др., 1968 г., район Центрального Казахстана; Обуэн, 1964 г., район Центрально-Французского массива; Вацнаур, 1974 г., район Рудных Гор). С подобными плутонами нередко связаны пострудные зоны фельдшпатизации (плагноклазмикроклиновых пород) гранитов, грейзенов, жильного кварца (выявлены М.М. Повилайтис в 1961 г. в Центральном Казахстане, М. Штемпроком в 1974 г. в Рудных Горах, В.И. Коваленко и др., в 1971 г. в МНР).

Оруденение, попадающее в подобные зоны, обычно оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. При наложении на грейзены и жилы зон фельдшпатизации оруденение может разубоживаться или даже частично уничтожаться, рудные минералы могут замещаться другими (например, молибденит повеллитом). Такие процессы могут проявиться вблизи поверхности, в средних частях рудных тел или на глубине, что следует учитывать при поисках и оценке. Все регионы развития фельдшпатизации гранитов принадлежат к плутоническому структурно-магматическому и порфировому литологическому типу рудных провинций.

*Вулкано-плутонические провинции.* В этих рудных провинциях встречаются те же рудные формации, что и в плутонических, но нет месторождений пегматитовой группы формаций. Вольфрамовые руды особенно богаты минеральными видами. Вольфраматы и минералы олова или молибдена имеют тенденцию выделяться в разные этапы постмагматического процесса, разобщаться в пространстве. Помимо сульфидов, распространены разнообразные сульфосоли, флюорит, карбонаты, фосфаты и др. В офиолитовых провинциях развито оруденение молибден-вольфрамовой формации, представленное гюбнеритом или шеелитом, а в порфировых — в основном вольфрамитом промежуточного состава или даже железистыми, а шеелитовое и особенно гюбнеритовое редки, встречаются только в зонах наложенного эпиплатформенного и эпиконтинентального рифтогенеза. В терригенных провинциях, сложенных породами аспидной или терригенно-флишевой формаций, оруденение относится, как правило, к оловянно-вольфрамовой формации. Наряду с пиритом характерен пирротин, в провинциях офиолитового типа являющийся минералогической редкостью. В терригенных провинциях минералы группы сульфосолей в рудах представлены сульфосолями свинца, олова, в офиолитовых провинциях, — сурьмяными блеклыми рудами (тетраздрит), сульфовисмутитами меди и свинца (айкинит, гладит, хаммарит, козалит), а также серебра (матильдит).

*Вулканические провинции* характеризуются преимущественным развитием золото- или сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы. Рудные тела представлены оруденелыми зонами брекчирования, реже — жилами, еще реже — штокверками. Встречаются также месторождения, представленные "шляпами" W-содержащих первичных гидроокислов марганца и железа и редкие W-содержащие месторождения "деревянистого олова" грейзеновой группы формаций.

## Литологические типы рудных провинций

### *Офиолитовый тип (субмаринные вулканические пояса)*

Среди субмаринных вулканических поясов Е.А. Радкевич [63] намечены пояса с преобладанием вулканитов основного и среднего состава, а в каждой из этих групп – провинции незавершенного и завершенного развития. Перспективы их на вольфрамовое оруденение различны.

Провинции с преобладанием вулканитов  
основного состава (провинции уральского типа,  
"зеленокаменные пояса")

Это – эвгеосинклинальные зоны с широким распространением пород осадочно-офиолитового комплекса (со значительной ролью претерпевших зеленокаменное изменение эффузивов основного состава). Ряд исследователей относит их к зонам обдукции, другие полагают, что это – бывшие зоны океанического рифтинга с океанической корой, третьи считают, что подобные геосинклинальные прогибы заложены в краевых частях океанов без существенной роли рифтинга.

Вольфрамоносность этих провинций зависит от основания, на которых они заложены, положения в структурах земной коры, их возраста, формационной принадлежности преобладающих стратифицированных отложений и синхронных оруденению магматических формаций.

1. Субмаринные вулканические пояса, возникшие на коре океанического типа (эвгеосинклинали незавершенного развития). Среди них можно выделить: 1) докембрийские супракрустальные, характеризующиеся развитием ультраосновных эффузивов (коматиитов). Особенности прогноза, поисков и оценки вольфрамового оруденения в таких провинциях освещены выше (с. 187). Характерна беспорядочная ориентировка складчатых структур, большая роль эффузивов, магнезиальных членов офиолитового комплекса, отсутствие калиевых гранитов (провинция Родезийского кратона). Встречаются мелкие стратиформные месторождения, переходные между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями скарноидной группы, ассоциирующие с пластами метабазальтов, а также редкие мелкие жильные месторождения золото-вольфрамовой формации пропилитовой и березитовой групп, ассоциирующие с плутонами пород габбро-гранодиоритовой формации (доминируют тоналиты) с существенным преобладанием Na над K.

2) фанерозойские, обычно кайнозойские краевые приокеанские, располагающиеся по окраинам островных дуг – базальтоидные моноэвгеосинклинали натриевого профиля. Такие провинции (на Японской островной дуге и др.) вольфрамового оруденения не несут.

2. Субмаринные базальтоидные вулканические пояса, заложенные на континентальной коре, Е.А. Радкевич характеризует как зрелые эвгеосинклинали длительного развития, чаще полициклические с появлением на средних и поздних этапах развития массивов гранитоидов. Им присущ натриевый профиль магматизма с преобладанием на начальных этапах

базальтов, на орогенном – гранитоидов повышенной основности (диоритов, плагиогранитов), на посторогенном – разнообразных порфировых пород, включая монцониоиды (Северо-Американские Кордильеры, Монголо-Охотский пояс). Эвгеосинклинали этого типа (Кордильеры), формирующиеся на протяжении сотен миллионов лет и протягивающиеся на тысячи километров, отличаются сочетанием месторождений различных генетических типов, в том числе на средних этапах вольфрамоносных скарнов и кварцевых жил золото-вольфрамовой формации, связанных с гранитоидами орогенного этапа развития. Такие эвгеосинклинали по сочетанию контрастных петрохимических и рудных ассоциаций Е.А. Радкевич отнесены к фемическо-салическим. Отмечено, что со временем и с удалением от океана содержание калия в магматических породах повышается за счет усиления роли коровых элементов.

Среди таких вольфрамоносных провинций имеются: 1) каледонские завершеного развития, в которых вольфрамовое оруденение проявилось в орогенный этап. Имеются три типа этих провинций: а) с вулканогенно-осадочно-метаморфогенными месторождениями. Стратиформные вулканогенно-осадочно-метаморфогенные шеелитовые и тунгстенит-шеелитовые месторождения (иногда с молибдошеелитом) встречаются в отложениях от протерозоя по силур включительно на территориях бывших эвгеосинклинальных прогибов, где среди вулканических отложений уже нет коматитов, имеются эффузивы кислого состава калиевого ряда, проявился метаморфизм амфиболитовой фации (Родезия).

б) с месторождениями золото- или медно-вольфрамовой формации скарновой группы, связанными с плутонами габбро-гранодиоритовой и габбро-гранитной формаций (Кузнецкий Алатау).

в) с месторождениями молибден-вольфрамовой "порфировой" формации, связанными с интрузивными членами вулканоплутонической ассоциации, сложенными субщелочными гранит-порфирами. Здесь доминируют кварцевые жилы в крутопадающих отрывах и сколах, распространены штокверки. Подобные провинции имеются в зонах герцинской или альпийской орогенной ТМА (Средне-Джидинский рудный регион).

2) Герцинские межматериковые провинции (Аппалачи, Урал) с линейной ориентировкой структур, в том числе глубинных разломов, чем обусловлена высокая проницаемость земной коры для базальтоидных расплавов, меньшая роль магнизиальных членов офиолитового комплекса, появление в орогенный этап плутонов калиевых гранитов. Вольфрамовое оруденение встречается в связи с плутонами пород плагиогранитной формации (золото-вольфрамовая формация березит-лиственитовой группы, оруденение шеелитовое) или габбро-плагиогранитной формации, а также габбро-гранодиоритовой (оруденение ферберитовое) и габбро-сиенитовой формации (оруденение той же формации скарновой, гумбеитовой и серицит-кварцевой групп) (с возрастанием роли пород относительно богатых не только Na, но и пород калиевого ряда), главное оруденение – в плутонах калиевых гранитов и их надынтрузивных зонах.

Вольфрамовое оруденение в скарнах не характерно, ибо карбонатные отложения, представленные здесь биогермными (рифогенными) известняками, распространены на небольших площадях. Эпидот-гранатовые скарны, иногда с гематитом, мало перспективны на W (Гумбейка, Урал). Шеелит

изредка встречается в виде вкрашенности и прожилков в тальковых породах (стеатит). Предполагают связь такого оруденения, иногда промышленного, с инициальным базитовым вулканизмом (Аппалачи).

В интрагеоантиклинальных поднятиях вдоль региональных разломов, согласных с простираем складчатости, и в узлах причленения к ним оперяющих разломов с плутонами калиевых гранитов связаны месторождения вольфрамовой и молибден-вольфрамовой формации мусковит-полевошпатовой группы; наиболее перспективны из них не шеелитовые, а гюбнеритовые месторождения (эвгеосинклинальная зона Среднего Урала). Околожилные апогранитные метасоматиты представлены в плутонах в основном микроклинитами, альбититами, в меньшей мере — мусковит-полевошпатовыми породами, в карбонатных породах кровли — ритмично-полосчатыми мусковит-флюоритовыми апокарбонатными грейзенами, мало перспективными на вольфрамовое (шеелитовое) оруденение. Месторождения вольфрама грейзеновой группы формаций (в том числе собственно грейзеновые) редки и малоперспективны. Мусковит-кварцевые грейзены, типичные для провинций других типов, наблюдались в единичных случаях пологого залегания гюбнерит-кварцевых жил в провинциях переходных к терригенному типу (Спокойненское месторождение). Наличие плутонов калиевых гранитов свидетельствует о заложении геосинклинали на сиалической коре, с чем и связано развитие вольфрамового оруденения.

#### **Провинции с преобладанием вулканитов среднего состава, возникшие на коре континентального типа**

К подобным провинциям Е.А. Радкевич относит вторичные эвгеосинклинали — субмаринные андезитовые вулканические пояса, наложенные на сиалическую кору в результате раздвига или узкого рифта (вулканический прогиб в Чили в нижней-средней юре). На поздних этапах, уже в субаэральных условиях, накапливались дациты и латиты; еще позже по разломам внедрялись интрузивы гранитоидов и субвулканические тела повышенной щелочности (монцитониты), что отражает, по Е.А. Радкевич, влияние сиалического фундамента. Вольфрамовое оруденение здесь, если и образуется, то во время формирования субаэральных вулканических поясов, оно рассмотрено в следующем разделе.

#### *Порфиновый тип. Субаэральные вулканические пояса*

Рудные провинции, приуроченные к субаэральным вулканическим поясам, появляются в конце докембрия. Субаэральные вулканические пояса подразделяют по отношению к складчатости геосинклинально-складчатых систем на согласные и секущие, по составу вулканитов на дацит-липаритовые, андезитовые, базальт-риолитовые, по отношению к элементам литники на расположенные вдоль сочленения литосферных плит, вдоль трансформных разломов, вдоль зон Беньофа. И.Н. Томсон выделяет среди этих поясов: 1. Островодужные, 2. Окраинноматериковые, 3. Сводовых поднятий, 4. Валообразных поднятий. Принцип построения этой клас-

сификации не выдержан. Первые два подразделения намечены, с учетом положения вулканических поясов относительно окраин континентов, два других отражают морфологические отличия внутриконтинентальных поднятий, к которым приурочены вулканические пояса. Нами намечены пояса, в которых интрузивные тела представлены: 1) плутонами (в них развиты плутоногенные месторождения, это – провинции Рудных Гор, Квинсленд); 2) субвулканическими штоками, некками или этмолитами (оруденение вулcano–плутоногенное, например, Средне–Джидинский рудный регион, субпровинция Южной Боливии); 3) протяженными дайками – корнями вулканических покровов – и силлами (оруденение вулcanoгенное, это – Горно–Рачинская провинция). По положению относительно границ континентов и океанов на внутриконтинентальные, окраинноконтинентальные, окраинноокеанические (островодужные) и внутриокеанические, по характеру основания внутри- и окраинноконтинентальные пояса можно подразделить на эпиплатформенные и эпиорогенные, по генезису – на рифтогенные (Бассейнов и Хребтов), и нерифтогенные (впадины Карру).

### *Плутонические провинции*

Пояса кислых вулкаников с широким развитием эффузивов порфировой формации и интрузивными телами, представленными плутонами<sup>1</sup>, (Центрально-Казахстанский тип, вулcano–плутонические пояса) – в Центральном Казахстане, Рудных Горах и др. В провинциях, где развиты кислые субазральные вулканики (вулканические пояса областей ТМА), накопление которых завершилось становлением интрузивов комагматичных с ними сиалических ультракислых лейкогранитов, обычны рудоносные зоны грейзенов и штокверки, кварцевые жилы с вольфрамитом, молибденитом, топазом, флюоритом, иногда минералами редких элементов.

В верхнепалеозойских и мезозойских провинциях месторождения вольфрама размещаются вдоль палеограниц блоков континентальной и океанической коры. Вдоль разломов, ограничивающих склоны бывших микроконтинентов, можно встретить оруденение молибденовой и молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы. С удалением от краев геосинклинали, с омоложением времени консолидации, возраст вольфрамового оруденения уменьшается, а масштабы его возрастают. Наиболее интересные объекты сосредоточены в тех зонах, в которых орогенный этап запаздывал и был более длителен. Максимально продуктивны на W наиболее поздние плутоны самых кислых гранитов (и их поздние фазы). Рудные узлы концентрируются вдоль глубинных разломов (в вулканиках орогенного этажа рассредоточены) и на их скрещенниях, в местах пересечения внутренних массивов ранней консолидации, интрагеоантиклинальных поднятий; в остаточных интрагеосинклиналиных прогибах встречается менее интенсивное оруденение. Важные месторождения выявлены в наложенных прогибах, заполненных субплатформенными отложениями. Необходимо выяснение контуров вулканических зон с учетом состава магматических пород и возраста оруденения. Перспективны на W плутоны кара-

<sup>1</sup> Вольфрамовое оруденение таких провинций охарактеризовано Г.Н. Щербой, Ф.В. Чуховым и Л.П. Ермиловой, нами [90, 91, 52, 54], В.Г. Боголеповым, М. Штемиром, Г. Тишendorфом и др. [186–190].

ваеобразной, кольцевой (на плато Джос) и другой формы сложного строения.

Рудные тела приурочены к зонам контактового ороговикования, где терригенные и эффузивные породы превращены в полевошпатовые роговики с гнездами биотита, плутоны пород гранит-лейкогранитной формации, их приконтактные зоны, апикальные осложнения их поверхности (куполю-, штоко- и гребневидные выступы над корнями плутонов и глубинными разломами в фундаменте), дополнительные интрузивы, поля даек "первого этапа". В плутонах калиевых гранитов "стандартного" типа и их надынтрузивных зонах встречаются месторождения не только оловянно-, но и молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы. Наличие крупных месторождений одной из указанных формаций исключает возможность обнаружения крупных месторождений другой формации: эти месторождения концентрируются в разных провинциях. Типы рудных тел и характер распределения в них оруденения те же, что и в месторождениях, ассоциирующих с плутонами гранитов Li-F геохимического типа. Оруденение иногда пересекается дайками гранитов. В плутонах калиевых гранитов стандартного и Li-F типов и их надынтрузивных зонах при поисках целесообразно применение фторометрии.

В ассоциации с плутонами гранитов Li-F геохимического типа обычно существенно оловянное оруденение оловянно-вольфрамовой формации — зоны рудоносных грейзенов, рудные жилы в отрывах. В пологих жилах и грейзенах оно распределено беспорядочно, в крутопадающих — в виде пологих зон.

В эндоконтактах пологие жилы встречаются чаще крутопадающих, в экзоконтактах — крутопадающие чаще пологих. Мощность грейзенов — до 100 м, а жил обычно менее 1 м. Промышленное комплексное оруденение могут нести не только кварцевые жилы, но и топаз-мусковит-кварцевые грейзены. Поисковым признаком являются зоны грейзенизации пород, ритмично-зональные участки гранитных плутонов. Поисковый признак на руды молибдена, вольфрама, олова — мусковит-кварцевые грейзены, дополнительный признак на молибден-вольфрамовые и оловянно-вольфрамовые месторождения грейзеновой группы формаций — топаз-слюдяно-кварцевые грейзены и зоны пиритизации и цеолитизации и соответствующие прожилки в экзоконтактах плутонов калиевых гранитов, располагающиеся в виде "шапок" и над рудными телами (по В.Г. Боголепову), на руды олова — дорудная альбитизация и альбититы, на литий-вольфрам-оловянные — пострудная фельдшпатизация, проявленная тем ярче, чем интенсивнее оруденение. При переходе молибденит-кварцевых жил в эффузивы орогенного этажа мощности уменьшаются (при этом оруденение часто обогащается молибденом) и на расстоянии в первые десятки метров жилы выклиниваются [36]. Поэтому в вулканитах орогенного этажа заслуживают внимания любые признаки постмагматической минерализации, следует ожидать резкое увеличение мощности рудных тел при переходе в граниты.

О типе и структуре зональности оруденения можно судить по особенностям ритмично-зонального строения гранитных тел. Залегание крутопадающих жильно-грейзеновых рудных тел в ритмично-зональных гранитных плутонах — признак возможности обнаружения в них пламенивидной

зональности метасоматитов и оруденения в вертикальном поперечном сечении и поясной, субпараллельной пологой контактовой поверхности плутона, в продольном сечении рудного тела. В гранитах расположение рудных тел может быть ярусным: выше могут размещаться грейзеновые, ниже – жильные рудные тела, или наоборот. При обнаружении жил с тонкопластинчатым гюбнеритом, содержащим в повышенных количествах Pb, можно ожидать нахождение более многочисленных и важных ранних жил с вольфрамитом промежуточного состава.

Пояса кислых вулканитов  
с интрузивными телами,  
представленными штоками риолитов  
и гранит-порфиров

Такие рудные провинции имеют в основном мезо- и кайнозойский возраст. Рудные регионы находятся в областях орогенной ТМА. В областях орогенной ТМА (KZ) рудоносны только пояса пород дацит–риолитовой формации или бимодальные, имеющие кислые производные. Оруденение может достигать очень крупных масштабов. Рудные тела имеют определенную, всегда прямую зональность минерализации, а рудные поля – прямую или обратную зональность в размещении последовательно образующихся рудных тел [56, 74]. Судить о слабой степени эродированности интрузивных тел синхронного оруденению магматического комплекса можно по наличию в надынтрузивных зонах кольцевых и радиальных даек и по наличию ритмично-зональных участков некоторых тел гранит-порфиров (они находятся в их апикалях, не распространяющихся глубже 300 м от апикали). Характерно резкое различие минерализации даже соседних рудных узлов или месторождений. В них проявлены рудные формации разных групп (Южная Боливия), минерализация разных этапов (Средне-Джидинский район), связанная со штоками или этмолитами и т.д.. Провинция, в которой находятся месторождения Клаймакс и Гендерсон. Месторождения образовались в узлах пересечения разнонаправленных глубинных разломов в участках земной коры высокой проницаемости для магм, о чем можно судить по обилию протяженных даек (см. рис. 64), различающихся по возрасту и составу (от кислых до щелочных или основных). Оруденение молибден-вольфрамовой формации формировалось в случаях, когда магма в основном не достигала земной поверхности, хотя отдельные ее порции могли создавать эруптивную брекчию. Об обилии в магме летучих свидетельствует наличие вкрапленников акцессорного топаза в эффузивах области развития вулcano-плутоногенных месторождений. Последние появляются в вулканических покровах, над штоками, с которыми ассоциируют рудные тела. Площади распространения топазсодержащих риолитов и вулcano-плутоногенных месторождений совпадают. Наличие топаза рекомендуется использовать как поисковый признак на месторождения молибден–вольфрамовой формации кварц-калишпатовой группы, здесь называемых “молибден–порфировыми” (возможно, что это вулcano–плутоногенные грейзеновые месторождения). Для месторождений расматриваемого типа в целом топаз не типичен, наличие его в рудах является минералогической аномалией и может использоваться как положитель-

ный поисковый и оценочный признак. В том же регионе ранее отмечалось значение вольфрамита, а не шеелита, как другого индикатора высокой активности фтора в магме. Важно выявлять и оконтуривать в покровах эффузивов ареалы распространения первичных аксессуариев, минералов, входящих в состав подлежащих руд.

В вулканическом поясе Западного Забайкалья характер размещения вулканоплутоногенных месторождений другой. Здесь отмечалось наличие в вулканических породах аксессуарного гюбнерита, характерного и для руд вольфрама. Месторождения приурочены к северо-западному глубинному разлому, в котором располагается цепочка штоков, гранит–порфиров, к участкам пересечения разнонаправленных глубинных разломов орто- и диагональной сети. Над штоками гранит-порфиров и вблизи них в пластичных породах выявляются пластические деформации (по расположению изодинам). В хрупких породах встречаются непротяженные, иногда очень маломощные дайки – апофизы штоков. Имеются дайковые поля. Дайки, как и штоки, соответствуют разным фазам одного цикла или разным тектоно-магматическим циклам, бывают разнонаправленными, состав их разнообразен – от кислых до основных и щелочных. Как и в месторождениях Клаймакс и Гендерсон, штоки в их апкалях, а иногда дайки, имеют ритмично-зональное строение [49], являющееся поисковым признаком на месторождения ”молибден-порфировой” формации. Ритмично–зональные штоки гранит-порфиров сопровождаются грибо-, и изредка, – аркоподобными штокверками. Это самый перспективный тип рудных тел на молибденовое оруденение, сопутствующее вольфрамовое может достигать масштабов оруденения средних собственно вольфрамовых месторождений.

Третий пример – район месторождения Тырнауз. Это месторождение расположено на пересечении меридиональным поперечным поднятием, расположенным на продолжении Восточно-Африканской рифтовой зоны, граничного глубинного разлома, разобщающего Скифско–Туранскую эпигерцинскую плиту и интрагеоантиклинальное поднятие осевой зоны главного хребта Большого Кавказа. Здесь же пересекаются глубинные разломы диагональной сети. Форма главного интрузивного тела быстро изменяется вверх (от единого ствольного к сильно разветвленному), придавая телу ”паукообразную” форму со множеством даек-апофиз. Оруденение скарное молибден-вольфрамовое и штокверковое молибденовое, тяготеет к штоку и коротким дайкам ритмично-зональных гранит–порфиров. Скарны межформационные, приурочены к складке волочения, возникшей при перемещениях по продольному разлому, располагаются в замке и на крыльях складки.

#### Вулканические пояса с оруденением в вулканических покровах

В третичных риолитовых субазральных вулканических поясах на островных дугах и в молодых геосинклинально-складчатых системах вольфрамовая минерализация встречается в вулканогенных месторождениях грейзейновой группы формаций (риолитовая формация). Это оруденение мало перспективно на W.

### *Субэарральные андезитовые вулканические пояса*

В провинциях, соответствующих андезитовым субэарральным вулканическим поясам, перекрывающим приподнятые блоки терригенных пород геосинклинального этажа, в пределах интрагеоантиклиналей встречаются вулканоплутоногенные месторождения меди, серебра или олова (часто комплексные), с содержаниями вольфрама, допускающими его попутное извлечение. Вольфрамовое оруденение приурочено к краевым поясам наиболее кислых пород (липариты в Центральном Казахстане).

Для вулканических поясов характерна полигенность и полихронность: меняется во времени их состав, длина, ширина, глубина заложения магматических источников, длительность вулканической (магматической) активности и длительность пауз между ее вспышками, мощность вулкаников, иногда (в Центральном Казахстане) ориентировка в пространстве, расстояние до зоны Беньофа. Состав интрузивных пород и вулкаников в пределах пояса изменяется также вкрест его простирания и с возрастанием расстояния до зоны Беньофа. Для вулканических поясов андезитового и риолитового ряда характерно полигенное и полихронное полиформационное оруденение (Тырныауз, Джида, Восток-2, Ляньхуашань, Лялягуа, Пасто-Бузна, Сан Кристоаль, Клаймакс, Гендерсон и др.). Этим обусловлена и полиэтажность и сложность рудных полей. Максимум интенсивности оруденения приурочен к максимальной вулканической активности.

### *Субэарральные вулканические пояса, представленные вулканиками основного состава (траппы)*

В провинциях, соответствующих субэарральным базальт-риолитовым вулканическим поясам, могут быть выявлены редкие небольшие месторождения медно-вольфрамовой формации березит-лиственитовой (?) группы с минералами никеля. Размещение рудных провинций этого типа определяется положением глобальных линейментов.

### *Терригенный тип*

Терригенные провинции можно подразделить по геологическим обстановкам, в которых накапливались осадки, на провинции с широким распространением пород аспидной, флишевой или молассовой формаций. Оруденение возникло в орогенный этап или в этап орогенной ТМА.

Рудные провинции образовались на месте бывших миогеосинклиналей или, по Ю.М. Пушаровскому, миктогеосинклиналей, наиболее распространены и имеют важнейшее значение: они дают большую часть мировой добычи вольфрама. Среди них есть провинции, соответствующие интрагеоантиклинальным поднятиям или интрагорст-антиклинориям (Боливийская, Бирманско-Малайская, Калба-Нарымская), внутренним (Чукотско-Юконский) и краевым (Корнуэлл), массивам ранней консолидации, области ТМА молодых платформ в участках, где тонко- и мелкообломочными терригенными породами сложен фундамент (Юго-Восточный Китай) или чехол (Чукотская (?)).

Некоторые провинции этого типа (Корнуэлл и Иберийскую) необоснованно относят к эвгеосинклинальным зонам, из-за наличия в них силлов или даек основных пород, составляющих незначительную часть геологического разреза. Пример таких провинций с плутоногенными месторождениями оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой и кварц-турмалин-хлоритовой групп, с вулканогенными месторождениями сурмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы — зона южного склона Большого Кавказа, со стратиформными золото-сурмяно-вольфрамовыми месторождениями скарноидной группы формаций — регион распространения "формации" Пиривири в Южной Африке, с вольфрамовыми месторождениями кварцитовой группы формаций — Восточные Альпы. В последнем случае среди отложений имеются вулканы не только базальтового, но и андезитового и липаритового состава, что свидетельствует о наличии частных поднятий во время извержений и важно как прогнозный признак на вольфрамовое оруденение.

Провинции этого типа можно подразделить по структурным условиям становления рудоносных комплексов, по возрасту этих комплексов или отложений вмещающего этажа, по рудным формациям, которые в них распространены.

*Плутонические провинции.* Особенности месторождений вольфрама в значительной мере обусловлены здесь становлением плутонических магматических комплексов гранитов (нормальной и повышенной основности) среди однообразных осадочных отложений. Плутоны слагаются обычно двуслюдяными или биотитовыми гранитами с признаками ассимиляции пород кровли, изредка также (в Северной Боливии) породами повышенной основности и (или) щелочности (гранодиориты, адамеллиты, тоналиты, кварцевые сиениты, кварцевые монзониты, щелочные граниты с фаціальными переходами в нормальные биотитовые граниты). Сходство петрохимического состава гранитов и песчано-сланцевых пород кровли, характер их контактов (слюдисто-кварцевые роговики, иногда с кордиеритом и андалузитом, местами постепенно переходят в магматические породы, унаследующие текстуры осадочных пород кровли) позволили А.П. Никольскому, П.Н. Кропоткину, Г.Н. Щербе предположить, что магма возникла за счет переплавления вмещающих толщ геосинклинального этажа. Принципиальная возможность накопления в осадочном процессе дифференциации вольфрама, хотя и слабее чем Sn и В, доказана (Пилипчук, Волков, 1966 г.).

В таких провинциях особенно распространены месторождения оловянно-вольфрамовой формации. С комплексами пород повышенной основности (монцитонитовых) связаны кварцевожилые преимущественно вольфрамовые месторождения кварц-турмалин-хлоритовой и серицит-кварцевой групп (Корнуэлл, Боливия, Чукотка). С плутонами биотитовых, двуслюдяных или лейкократовых гранитов связано оруденение пегматитовой и (или) грейзеновой групп, распространенное не только в фанерозойских, но и в докембрийских провинциях. Встречаются единичные скарновые месторождения (в провинциях, переходных к карбонатному типу), иногда крупные, и жильные золото- и медно-вольфрамовой формации.

Терригенные отложения этих провинций Л.П. Зоненшайн считает отложениями окраинных морей<sup>1</sup>.

Терригенные провинции можно подразделить на: 1) отвечающие в прошлом краевым морям (распространена аспидная формация); 2) соответствующие эпиконтинентальным морям, в которых накопились мелко- и тонкообломочные осадки чехла платформ.

Их можно подразделить на несущие существенно вольфрамовое оруденение оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, связанное с гранитами, и несущие существенно оловянное оруденение кварц-турмалин-хлоритовой группы, ассоциирующее с гранитоидами более высокой основности (соответственно Центрально- и Западно-Чукотская субпровинции; в первой оруденение связано с гранитами стандартного типа, во второй, находящейся в области, испытавшей менее интенсивное воздымание, — с гранитоидами повышенной основности, более молодыми, чем в первой). Провинции можно подразделить и по возрасту оруденения: докембрийские (PR<sub>3</sub>) (Центрально-Африканская), герцинские (Иберийская, Армориканская, Корнуэлл, Калба-Нарымская), киммерийские — Северо-Болливийская, Бирмано-Малайская, Верхояно-Чукотская, район Южного Цзянси, кайнозойские — Японской островной дуги. В докембрийских провинциях развиты месторождения оловянно-вольфрамовой формации пегматитовой и грейзеновой групп, в фанерозойских — грейзеновой и кварц-турмалин-хлоритовой групп. При этом минерализация месторождений одной формации и их группы может быть сходной, независимо от возраста.

Рудные пояса проходят вдоль интрагеоантиклиналей, субпараллельно осям гравитационных минимумов и выходов гранитных плутонов. В миоинтрагеонтиклиналях с глубоким залеганием фундамента они больше совпадают с осевыми зонами поднятий, возникшими на месте максимального прогибания геосинклиналей. Масштабы вольфрамового оруденения при переходе рудного пояса с поднятия в прогиб уменьшаются. В провинциях и поясах, где существуют поперечные блоки, при переходе рудного пояса из одного блока в другой (при резком изменении простирания складчатой системы, либо вертикальной ступенчатости, связанной с различной устойчивостью блоков) характер оруденения может быть различным.

В связи с высокой пластичностью пород (глинистых сланцев) оруденение сосредоточено, в основном, в жилах. Простирания рудных жил на значительных площадях параллельны или перпендикулярны генеральному направлению складчатости, выдержанные. Штокверки редки, представлены в основном системами субпараллельных прожилков. Нередки зоны дробления, к которым обычно приурочены метасоматиты кварц-турмалин-хлоритовой формации с вольфрамом-оловянным оруденением.

Рудоотложению предшествуют и частично сопутствуют грейзенизация (грейзены мусковит-кварцевые), реже альбитизация, турмалинизация, сульфидизация и арсенидизация пород. Поисковым признаком является в экзоконтактах площадная турмалинизация. Ореолы турмалинизации

<sup>1</sup> Осадки некоторых современных окраинных морей (Охотского) и прибрежные отложения внутренних морей (Черного) обогащены вольфрамом (Пилипчук, Волков, 1966; Исаева, 1960).

нередко располагаются и над рудными полями и телами, приуроченными к плутонам калиевых гранитов.

В позднемагматических образованиях (вкрапленность вольфрамов и касситерита в неизмененных гранитах плутонов) ассоциация Sn и W тесная, размеры некоторых скоплений (в гранитах Бушвельдского комплекса) значительные. Промышленных концентраций подобное оруденение достигает лишь после повторной концентрации в россыпях (в Малайзии, по С.Ф. Лугову).

В тектонически устойчивых блоках плутонов среди гранитов ранних фаз распространены поля сложно дифференцированных пегматитов Na—Li и стандартного типа с минералами олова, редких металлов, редких элементов, редко — вольфрама. Олово и вольфрам совместные концентрации дают редко. Олово часто накапливается в пегматитах Na—Li типа, не содержащих вольфрама. Вольфраматы встречаются в полевошпат—кварцевых пегматитах "чистой линии" и "линии скрещения" более поздней стадии развития процесса.

Подобным провинциям присущ следующий генетический и возрастной ряд групп формаций: гранитовая (исключительно редка), пегматитовая (жилы с вольфраматами и (или) касситеритом), грейзеновая, кварц—турмалин—хлоритовая (оруденелые зоны дробления с касситеритом и ферберитом). В постмагматических месторождениях относительные содержания W и Sn сопоставимы или преобладает один из этих металлов, нередко проявлена зональность в их размещении. Наличие в оловоносных россыпях минералов W свидетельствует о близости коренного источника. В пределах провинции или рудного поля она может быть обусловлена: 1) неоднородным распределением металлов в гранитизированном субстрате (в западно-европейской герцинской провинции); 2) различным эрозионным срезом: вольфрамитом обогащены зоны, приуроченные к кровле, а касситеритом — зоны, располагающиеся в гранитах (в Иберийской провинции), оловом обогащены зоны преобладающего россыпного оруденения (Рондония); 3) оловом обогащена зона гранитных куполов, вольфрамом — сильно эродированных гранитных плутонов (Южный Цзянси); 4) оловом обогащены — зоны с пегматитовым оруденением, а вольфрамом — зоны с кварцево-жилным оруденением; 5) в поднятиях преобладает вольфрамовое оруденение грейзеновой группы формаций, а в прогибах — оловянное кварц-турмалин-хлоритовой группы (на Чукотке); 6) оловянное и вольфрамовое оруденение связано с плутонами гранитов разного возраста или разных интрузивных фаз (Малайская провинция, Калба-Нарым); 7) вольфрамовое оруденение может быть связано с более ранним комплексом гранитов стандартного типа гранит-лейкогранитной формации, а оловянное — с более поздними гранитами Li—F геохимического типа (в МНР); 8) различием глубины заложения региональных разломов, подводящих рудоносную магму, или этажным размещением оруденения; 9) приуроченностью вольфрамового и оловянного оруденения к различным гипсометрическим уровням, к различным хронологическим отделам, стратиграфическим горизонтам или горизонтам, различающимся по литологическому составу; 10) полиэтапностью или полицикловостью оруденения; 11) при уменьшении глубины отложения руд проявляется тенденция уменьшения концентрации вольфрама относительно олова [8,

33, 38, 39, 54]; 12) при смене плутонических комплексов вулканоплутоническими, количественные соотношения этих металлов резко изменяются.

Для локализации постмагматического олово-вольфрамового оруденения песчаники, вследствие их большей компетентности, нередко благоприятнее глинистых сланцев (в Боливийской провинции). В Иультине, судя по данным В.А. Мандыча, наоборот, вольфрамовое, как и оловянное оруденение тяготеет к участкам жил, пересекающим глинистые сланцы. Большая часть сульфидов в обоих регионах приурочена к жилам, секущим сланцы.

Локальная изменчивость элементов залегания жил вызывается (Иультин) различиями физико-механических свойств переслаивающихся пород. В контактовом ореоле, где метаморфизм снизил контрастность этих свойств, структурный контроль ослаблен, а вдали от интрузива, сказался не только на различном распространении жил, но и на величине и форме рудных столбов. Контроль рудоотложения, в основном, структурный.

Постмагматический процесс, как и осадочный и магматический специализированы на Sn и W. Геохимическое сродство этих элементов полнее всего проявлено в высокотемпературных кварцевых жилах. Главный рудный минерал — вольфрамит — часто ассоциирован с касситеритом и обильными минералами железа. Повышенное содержание органики в терригенных осадках обусловило восстановительную среду рудоотложения, о которой можно судить по присутствию или даже обилию в рудах арсенопирита, леллингита, пирротина (преобладающего над пиритом), иногда троилита, графита [54].

Топаз встречается лишь в некоторых рудных провинциях (Южно-Китайская, Чукотская и др.), возможно, в более близповерхностных месторождениях, и является признаком крупных масштабов оруденения. Нередко проявлена и литологическая зональность. Так, в Арморианском массиве минерализация жил, залегающих в гранитах, вблизи контакта с кристаллическими сланцами усиливается. В оловянно-вольфрамовых месторождениях провинции Цзянси и Чукотки рудные жилы, залегающие в гранитах, содержат больше Mn (а также Ta, Nb, Sc, иногда Mo) и в меньшем — Sn и сульфидов Cu, Zn, Pb, чем залегающие в кровле. Повышение содержания сульфидов, арсенидов и диарсенидов Fe и изредка станнина в жильных телах, залегающих в песчано-сланцевых породах кровли, отмечалось для месторождений Австралии и Малайзии.

Руды разных месторождений образовались на сходных глубинах при близких температурах и давлениях, определяемых величиной литостатической нагрузки.

Распространен процесс гипогенного замещения вольфрамита шеелитом, предшествующий или одновременный с привнесом серы и образованием сульфидов. В ряде малосульфидных олово-вольфрамоворудных месторождений — Аляски (Сибирь), Ля Вилледер, Лесли и Коат ан Ноз (Франция), наоборот, оказался неустойчивым шеелит, по нему образовались псевдоморфозы ферберита (рейнит).

*Вулкано-плутонические провинции.* В таких провинциях встречаются месторождения медно- и серебряно-вольфрамовой формаций, но относятся они, по-видимому, к кварц-турмалин-хлоритовой и серицит-кварцевой

группам формаций и представлены другими морфоструктурными и минеральными типами рудных тел. Провинции этого типа имеют обычно третичный возраст и приурочены не только к интрагеоантиклиналям, сложенным породами аспидной формации (Южная Боливия), но и к межгорным прогибам, в которых накапливалась грубообломочная моласса (провинция Альтиплано). В первом случае вольфрамовое оруденение встречается в месторождениях серебряно-оловянной формации, во втором — в полиметаллически-серебряной.

*Вулканические провинции.* Такие провинции образовались в основном в кайнозое. Это — миогеосинклинальные зоны округа Боулдер с месторождениями золото-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, южного склона Большого Кавказа<sup>1</sup>. Боливийская, исключая прогиб Альтиплано, и другие с месторождениями сермяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы. В них развиты жилы или минерализованные зоны брекчирования и оперяющие их жилы в отрывах.

#### *Карбонатный тип*

К этому типу относятся провинции с широким развитием карбонатных формаций. Они приурочены к складчатым системам (Южный Тянь-Шань), древним и молодым платформам (Огчхонский авлакоген Сино-Корейского щита, эпикаледонская платформа юго-восточного Китая. Оруденение находится в карбонатных или в карбонатсодержащих терригенных отложениях фундамента, геосинклинального этажа или платформенного чехла. Карбонатные породы, по сравнению с алюмосиликатными, имеют специфический состав и физические (теплофизические, механические и другие свойства) и отличаются повышенной химической активностью. Специфика их состава и свойств нередко (но не всегда!) оказывает на оруденение доминантное воздействие, определяя его характер, даже если мощность пластов карбонатных пород невелика или карбонаты составляют примесь в терригенных породах.

Карбонатные провинции обычно имеют удлинение, согласное с простиранием структурно-формационных зон геосинклинально-складчатых систем. Некоторые провинции имеют островное развитие (при глубоком размыве карбонатных пластов с сохранением лишь их реликтов, либо если карбонатные отложения накапливались в посторогенный, орогенный, редко в позднегеосинклинальный этап в разобщенных приразломных мульдах). Одни провинции приурочены к эвгеосинклиналям, другие — к химизгеосинклиналям, третьи — к миогеосинклиналям. Месторождения размещаются вдоль границ эв- и миогеосинклиналей или эвгеосинклиналей разного возраста консолидации, вольфрамовые — в приподнятых, а оловянные — в опущенных блоках.

Провинции образовались в фанерозое (герцинская Южно-Тяньшаньская, киммерийская Сьерра-Невадская), некоторые — в протерозое (Восточно-Бразильская). Архейских провинций этого типа нет, так как накопления морских карбонатных отложений не было или они были редки.

<sup>1</sup> Г.А. Твалчрелидзе относит эту провинцию к эвгеосинклинальным на основании наличия силлов и даек основных пород, но в районе развития месторождений вольфрама развиты почти исключительно терригенные породы.

Оруденение ассоциирует с гранитоидами (гранодиориты, граниты, кварцевые диориты, монзониты) плутонических или вулкано-плутонических комплексов. Соответственно намечаются плутонический и вулкано-плутонический подтипы провинций. Повышенная основность пород рудосопреженных магматических комплексов обусловлена составом и химической активностью известняков, ассимилируемых магмами (Абдуллаев, 1947 г. и др.).

Встречаются месторождения скарновой (наиболее распространены и перспективны), грейзеновой, изредка — кварц-кальципатовой и аргиллизитовой групп формаций. В некоторых провинциях с полициклической, главным образом мезозойской, магматической активностью и относительно неглубоким залеганием структурного этажа, сложенного контрастными к карбонатным по составу терригенными породами, характерны полиформационные месторождения, в которых перспективно не только скарновое шеелитовое, но и наложенное жильное вольфрамовое оруденение, либо если руды представлены ритмично-полосчатыми слюдяно-флюоритовыми апокарбонатными грейзенами. Последние часто несут не вольфрамовое, а бериллиевое оруденение. Месторождения аргиллизитовой группы формаций, если и находятся в карбонатных провинциях, сформированы в более молодой, чем скарновые месторождения, тектоно-магматический цикл.

Скарны подразделяют на известковые и магнезиальные. Последние менее перспективны на W, чем известковые, или неперспективны, оруденение появляется в них после замещения их известковыми скарнами. К магнезиальным скарнам чаще приурочено оруденение оловянно-вольфрамовой формации, в докембрийских провинциях встречается незначительное молибден-вольфрамовое оруденение (по В.И. Иващенко и др.), к известковым — молибден-вольфрамовой. Важнейшим рудным минералом скарновых месторождений является шеелит, реже — молибдошеелит. Вольфрамитовая (ферберитовая) минерализация, если и встречается, имеет лишь минералогический интерес. В единичных месторождениях главным является ферберит, заместивший шеелит.

*Плутонические провинции.* Оруденение ассоциировано, в основном, с плутонами гранитоидов, возникших из гибридизированной сиалической магмы или при дифференциации магм основного состава. Глубина их формирования, по данным Н.В. Нечелюстова, И.П. Кушнарева, А.А. Малахова и др., 1,5–3,5 км, иногда больше. Месторождения связаны с поздними магматическими комплексами. Строение плутонов многофазное. Кислотность магмы возростала во времени (ход дифференциации гомодромный). Преобладают гранитоиды повышенной основности. По данным Х.М. Абдуллаева, в Западном Узбекистане 70% скарновых проявлений вольфрама и молибдена ассоциирует с гранодиоритами, 30% — с биотитовыми, двуслюдяными или лейкократовыми гранитами. От состава магматических комплексов зависят минеральный тип скарнов и оруденения. С гранодиоритовыми комплексами ассоциируют шеелитосные гранат-пироксеновые скарны, с гранитными — гранат-везувиановые (по М.С. Кучуковой), с комплексами турмалиновых и двуслюдяных гранитов — не только вольфрамовое, но и оловянное оруденение.

На основании данных по Средней Азии, Кузнецкому Алатау, Уралу, Казахстану намечен сводный ряд последовательности образования скарно-

вых месторождений различных формаций: золото-вольфрамовой — медно-вольфрамовой — оловянно-вольфрамовой — молибден-вольфрамовой — редкометалльно-вольфрамовой. Ранние члены ряда ассоциируют с базальтоидными гранитоидами, а поздние — с сиалическими. В Кордильерах Северной Америки молибден-вольфрамовая формация сменяется во времени медно-вольфрамовой. Оруденение молибден-вольфрамовой формации ассоциирует с плутонами габбро-диорит-гранитной формации, медно-вольфрамовое — с более молодыми монзонитовыми плутонами, локализованными в блоках более древней консолидации. Оруденение в одних месторождениях синхронно скарнированию, в других — наложено на скарны ("отстающее" оруденение по В.А. Жарикову).

Шеелитовое оруденение бывает связано с разными фазами интрузивного комплекса (Абдуллаев, 1960 г. и др.), скарновые рудные тела иногда пересечены гранитами поздних фаз, чаще — дайками: пегматита (в Кумбеле, Тамчи), микропегматита (в Хакассии), аплита и микрогранита (в Койташе, Кара-Тюбе, Парзе, Такфоне), аплит-гранита и тоналита (в Лянгаре), андезита (в Раунд Вэлли, Калифорния), диабазового порфирита (в Тамчи). В Беш-Арча и Чаштепе скарны пересечены дайками лампрофиров. В Варзобском районе дайки лампрофиров секут скарны, но пересекаются кварц-арсенопиритовыми жилами. На Парзе, Такфоне и Майхуре, по Г.И. Рассейкину, дайками керсантитов пересечены не только скарны, но и кварцевые жилы с шеелитом и касситеритом. Таким образом, дайки первого этапа пересекают скарны, а дайки второго этапа, как и в случае плутоногенного вольфрамитового оруденения, могут пересекать и малосульфидные кварцеворудные тела.

Скарновые тела залегают вдоль пологих или крутых контактов карбонатных отложений и плутонов гранитоидов, ненарушенных или нарушенных согласными с контактом сколами, послойные залежи — вдоль контактовой поверхности карбонатных и терригенных пород, секущие залежи в экзо- и эндоконтактных зонах; редко встречаются и имеют небольшое промышленное значение трубки и изометричные тела скарнов, рудные жилы и штокверки. При скарнообразовании важную роль играют пластические деформации карбонатных пород (до В.Ф. Чернышову) вследствие их повышенной способности к пластическим деформациям при высоких температурах. Однако многие рудоносные известковые скарны развиваются по магнезиальным скарнам, сложенным силикатами. В этом случае роль пластических деформаций пород не ясна.

Рудомещающие скарны длиной до 1,5 км, мощностью до десятков метров локализованы, в основном, в контактах интрузивных или метаосадочных алюмосиликатных пород с карбонатными. В Средней Азии, по Х.М. Абдуллаеву, 70% объема шеелитоносных скарнов слагают контактовые залежи, 15% залегают в кровле. Скарны месторождений Глафиринского, Итгуй (Хакассия), Санг-Донг, Кинг-Айленд и др. залегают в надинтрузивных зонах, вдоль поверхностей напластования известняков и нижележащих сланцев. Штокверки скарнов локализованы в сильно нарушенных участках, часто в перегибах антиклиналей (на Лянгаре, Парзе). Контактные залежи обычно гроссуляр-геденбергитовые с шеелитом, межформационные — диопсид-андрадитовые с молибдошеелитом.

Промышленные скарновые месторождения вольфрама обычно представлены контактными или послонными залежами скарнов. Для районов развития герцинского и мезозойского оруденения молибден-вольфрамовой формации, ассоциированных с плутонами гранитоидов повышенной основности, характерны контактные залежи биметасоматических скарнов с шеелитовым и молибденит-шеелитовым оруденением, а районам, где оруденение ассоциирует с гранитами, присущи инфильтрационные скарны, чаще послонные с молибдошеелитовым оруденением. Из контактных залежей перспективнее геденбергитовые и гранат-геденбергитовые с шеелитовым оруденением. Из послонных залежей скарнов перспективнее диопсидовые и гранат-диопсидовые с молибдошеелитовым оруденением. Эпидот-гранатовые скарны менее перспективны на вольфрам. Скарны с магнетитом и особенно с гематитом менее перспективны, чем скарны с пирротитом. В областях развития шеелитоносных известковых скарнов поисковым признаком являются зоны дедоломитизации магнезиальных карбонатных пород и площади развития известняков с признаками зон пирротит-сталлизации.

Контактные скарноворудные залежи плутоногенных месторождений приурочены к провсам кровли в логообразных понижениях контактной поверхности плутонов иногда к определенно ориентированным контактам алюмосиликатных пород (интрузивных или метаосадочных), к согласным или секущим их разломам. Оруденение в скарнах равномерное или находится в наложенных согласных или секущих линзо- и жиллообразных телах или штокверках. Содержание вольфрама обычно изменяется тем значительнее, чем больше возрастной интервал между формированием скарнов и оруденения, и чем выше была проницаемость системы трещин в скарнах во время отложения руд. Рудные жилы и прожилки могут быть обособлены от крупных блоков безрудных скарнов, тяготея к секущим скарны разломам. Поскольку скарнирование обычно развивается в анизотропной по составу и свойствам среде — метаосадочных породах, проявляется литологическая зональность, залежи нередко располагаются субпараллельно (Улудаг). Скарны развиты избирательно: контактные — по более известковистым прослоям, а инфильтрационные послонные — по алюмосиликатным метаосадочным породам в надынтрузивных зонах, нарушенных сбросами. По породам разного состава возникают скарны разных минеральных фаций: по мраморам — геденбергитовые и гранат-геденбергитовые, по биотитовым роговикам — гранатовые, по известково-силикатным роговикам и лампрофирам — салитовые, по гранодиоритам — кварц-гранатовые.

Поперечная зональность контактных залежей асимметричная: карбонатные породы — зона волластонитовых скарнов (иногда) — зона пироксеновых скарнов с шеелитом — зона гранатовых скарнов — гранитоиды. Последовательность пироксеновой и гранатовой зон может быть обратной. Вольфрамовое оруденение сосредоточено чаще всего вблизи контакта гранитоидного массива с известняками, в известковых и известково-железистых пироксеновых, а не гранатовых, скарнах, вблизи лежачего бока залежей. Во внешней зоне известковых скарнов могут быть развиты реликтовые безрудные магнезиальные скарны.

В молибден-вольфрамовых месторождениях залежи скарнов с внешней стороны часто вмещают шеелит и ранних, и поздних генераций, поздние

прожилки с сульфидами молибдена и других металлов. В зонах дробления вблизи контактов может встретиться вольфрамит. Геденбергитовые скарны, обогащенные пирротином, приурочены к тем участкам контактов плутонов, локализация и ориентировка которых определяется доинтрузивными разломами, к контактам вдоль которых при скарнировании и позже происходили сбросы и сдвиги, к замкам мелких складок.

В золото-вольфрамовых месторождениях контактовые скарны без наложенного жильно-прожилкового оруденения слабо шеелитоносны, иногда они тяготеют к разноориентированным разломам; по данным В.Ф. Чернышева, мощность их возрастает в пологих участках разломов и зонах дополнительной складчатости. Вольфрамовое оруденение приурочено к скарнам, а золотое — тяготеет к адюмосиликатным породам (по И.И. Четырбоцкой).

В рудах доминируют минералы Са и Fe (или Mg) — пироксены, гранаты, распространены амфиболы, волластонит, эпидот, везувиян, карбонаты (кальцит, доломит), иногда фосфаты (апатит) и боросиликаты (датолит, аксинит и др.), встречаются Na-минералы — альбит, скаполит (мариалит), плагиоклазы, иногда обилен кварц.

Шеелитоносные скарны подразделяют на известково-железистые и известково-магнезиальные. В первых пироксен представлен диопсид-геденбергитом или геденбергитом, в последних — диопсидом. По Н.Д. Ушакову, скарнированию предшествовала дедоломитизация, фиксирующая участки интенсивного термального метаморфизма. Сульфиды связаны с более поздней, чем скарнирование, гидротермальной стадией, проявляющейся при наличии крупных разломов. Они образуют прожилки, секущие рудные скарны, а местами (Такфон, Угат, Кабуты) — массивные скопления.

В.А. Николаев (1953 г.) скарновую ассоциацию минералов и частью следующую — шеелитовую — связывал с пневматолитовым эффектом относительно открытых систем, а стадии сульфидную и заключительную — безрудную (с карбонатами, баритом, кварцем) — с поступлением гидротермальных растворов.

В отличие от карбонатных провинций с плутоническим скарновым оруденением рассмотренного типа, довольно распространенных и имеющих значительную площадь, встречаются более редкие и имеющие небольшую площадь карбонатные провинции, в которых оруденение представлено вольфрамоносными апокарбонатными грейзенами и жилами. Эти провинции имеют вид островков или архипелага, поскольку карбонатные отложения развиты в наложенных приразломных впадинах. Так, в западной части Урало-Монгольского подвижного пояса в областях распространения известняков и доломитов  $S_1$ , развитых в позднегеосинклинальных (Урал) или посторогенных приразломных (каледониды Центрального Казахстана и Средней Азии) прогибах в связи с гранитами гранит-лейкогранитной формации (контролировавшимися теми же глубинными разломами, что и сами впадины), развивались не скарновые, а апокарбонатные грейзеновые залежи. Апокарбонатные грейзены развиваются также в чехле (С-Р) древних (месторождение Айрон-Маунтин, США) и молодых (Иеллутан, КНР) платформ.

В зависимости от состава карбонатных толщ (известняки или доломиты) развиваются апоизвестняковые грейзены, богатые минералами каль-

ция, или аподоломитовые грейзены, богатые минералами магния. Образованию грейзенов нередко предшествовало скарнирование (скарны гранатовые, эпидот-гранатовые, везувийно-гранатовые), отмечаются случаи перехода процесса скарнирования в процесс грейзенизации во времени. Подобные месторождения относят к скарнам (Ф.Э. Апельцин, Джанс) или к грейзеновым (А.П. Гуляев, В.Б. Шувалов, Л.С. Корнилова). По Л.П. Ермиловой, Г.Н. Щербе, Л.С. Корниловой, шеелит приурочен не к скарнам, а апокарбонатным и апоскарновым грейзенам, в которых вместо топаза бывает развит апофиллит, встречается целестин, минералы бериллия представлены бериллом, фенакитом, гельвином, вместо слюды может быть развит маргарит, эфесит (данные И.Н. Говорова). Наряду с флюоритом развивается фторид магния. Из минералов вольфрама помимо шеелита или молибдошеелита может быть распространен гюбнерит. Характерна тонкая ритмичная полосчатость — чередование извилистых слоев флюорита и мусковита.

*Вулкано-плутонические провинции.* Вулкано-плутонических скарново-рудных провинций с вольфрамовым оруденением неизвестно. Встречены единичные вулкано-плутоногенные скарновые месторождения молибден-вольфрамовой формации. Оруденение, как и в случае месторождений нескарнового типа, часто многоэтапное, перемежающееся с внедрением магм.

Вдоль контактов вулкано-плутоногенных гранитных тел протягиваются маломощные каймы слабооруденелых скарнов. Наиболее важное месторождение Тырнауз (Кавказ) представлено седловидной (главной) залежью скарнов, приуроченной, по О.В. Кононову, А.Ф. Свириденко и др., к приразломной складке волочения, в ядре которой залегают мраморы, а по периферии — биотитовые роговики. Последние скарнированы вдоль межформационного или тектонического несогласия. Скарны апоизвестняковые и апороговиковые, гранат-пироксеновые, гранатовые. Шеелит нередко с высоким содержанием молибдена [40]. Рудоносные скарны имеются и в прилегающей к седловидной залежи синклинали. Севернее и южнее вдоль контакта роговики и скарнов в микроклинизированных биотитовых роговиках располагаются прямолинейные крутопадающие штокверки прожилков кварца с молибденитом. Молибдошеелитовое (главное) вольфрамовое оруденение, развитое в пироксен-гранатовых скарнах, возникло раньше молибденитового, синхронно с внедрением гранитов ранней фазы во время преобладания сдвигов.

На медно-вольфрамовых месторождениях (Иксью, Олд Хикори), представленных пологими залежами скарнов, обычна пульсационная зональность: верхние горизонты обогащены медью, нижние — вольфрамом. Может встретиться промежуточная зона магнетитовых руд. Скарнорудные тела залегают обычно вдали от интрузивов — вдоль межформационных и межпластовых нарушений.

Возраст плутонических карбонатных провинций — с протерозоя по верхний мезозой, вулкано-плутонических — кайнозойский (США, Болгария, Кавказ).

*Вулканические провинции.* К этому типу относится провинция, приуроченная к антеклизе Цзяннаня на Южно-Китайской платформе. Здесь распространены карбонатные отложения (PR), в некоторых залегают место-

рождения, переходные между сурьмяно- и золото-вольфрамовой формацией серицит-кварцевой (?) группы, представленные здесь кварцевыми или карбонат-кварцевыми жилами.

Блоково-слоистое строение территории может определять размещение субформаций. Так, Горно-Рачинский пояс месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы в западной и центральной частях — в структурно-формационной зоне Южного склона Большого Кавказа, сложенной терригенным флишем, представлен антимонит-ферберитовой субформацией, а на самом восточном фланге, где пояс переходит в гранитоиды осевой структурно-формационной зоны, — ферберитовой.

### **Сопоставление вольфрамового оруденения металлогенических провинций разных типов**

Провинциям каждого типа присущи специфические черты. В зеленокаменных провинциях обычны линейные складчато-глыбовые структуры, обособленные разломами, особенно проницаемыми для магм различного состава, в том числе ультраосновного и основного (мантийных). Продольные структуры разбиты поперечными разломами. В вулканических поясах распространены пологие брахискладки, ориентировка разломов беспорядочная, а значит эти разломы менее проницаемы для магм, поэтому здесь наиболее распространен коровый магматизм. Ориентировка структур не столь закономерная, форма их неправильная, встречаются плутоны гранитов не только стандартного, но и Li-F геохимического типа. Для терригенных провинций характерны линейные пликативные дислокации, выдержанность простираения складок на больших площадях, наличие удлиненных куполообразных структур в верхних структурных этажах и отсутствие их в нижних этажах, кислые магматические образования корового происхождения. Для карбонатных провинций характерны хемогенные известняки или доломиты, занимающие значительные площади, глубинные разломы как субпараллельные, так и беспорядочно ориентированные, гранитоиды разнообразного состава, в том числе повышенной основности.

Алюмосиликатные и карбонатные породы различаются не только по составу, но и по химическим и физико-механическим свойствам (теплофизические параметры, хрупкость, пористость и др.). Сходные по составу породы разнотипных провинций также различаются, вследствие разного происхождения, по свойствам. Так, известняки карбонатных провинций хемогенные, а офиолитовых провинций — мелководные органогенные (рифогенные, криноидные), это — биогермы с относительно малым площадным распространением, повышенной пористостью и большей величиной пор. Силикатные породы провинций разных типов различны по составу и степени метаморфизма. В офиолитовых провинциях они более основные, их региональный метаморфизм и степень консолидации к моменту отложения руд проявились значительно интенсивнее (зеленокаменное изменение), чем в терригенных провинциях (переход тонкообломочных отложений, близких по химическому составу к гранитам, в глинистые сланцы). Хотя направленность (а иногда диапазон) эволюции магматизма во всех типах плутонических провинций сходны, в карбонатных провинциях оруденение ассоциировано обычно с гранодиоритовыми комплексами, а в провин-

циях других типов — с гранитными. Различны характер и интенсивность контактового воздействия плутонов.

Неодинакова распространенность, роль, сочетание рудных формаций и их групп, генетических и минеральных типов месторождений турмалинового, хлоритового, топаз-слюдяно-кварцевого и др. Например, в карбонатных провинциях преобладают и наиболее важны скарны, что вызвано распространением и благоприятными физико-механическими свойствами известняков и мезократовым составом особенно высокотемпературных гранитоидных интрузий, оптимальными для возникновения пластических деформаций, известняков и для появления высокотемпературных растворов. Рудоносные грейзены встречаются редко (Айрон-Мантин и др.). Жильные месторождения грейзеновой группы формаций редки и незначительны, но наложенные на рудоносные скарны кварцеворудные жилы обогащают руды (Яогансань и др., КНР).

В терригенных провинциях (Чукотская) и офиолитового типа (Урал, Средне-Джидинский район, Горный Алтай), где также имеются, хотя и не столь обширные, территории, сложенные карбонатными породами, около рудоносных гранитоидных массивов, контактирующих с известняками, скарновые месторождения редки, а масштабы их оруденения обычно малы. Здесь в известняках чаще образуются жилы кварца с шеелитом. Вольфрамоносные скарны в провинциях офиолитового типа, в отличие от таковых карбонатных провинций, сложены островными силикатами Mg, Ca и Fe (гранаты, эпидот), а изменение пород около пересекающих скарны шеелитоносных прожилков кварца выражено, вследствие высокой подвижности и активности Al, K и F, калишпатизацией ("гумбеизацией"), необычной для карбонатных провинций.

В субэвральных вулканических поясах (порфиروهого типа), отличающихся наличием площадных экранов, близповерхностным становлением плутонов, обилием в растворах K и F, наряду с жильными, иногда большое значение приобретают месторождения, переходные к собственно грейзеновым. В офиолитовых провинциях, где вследствие глубокого метаморфизма алюмосиликатных отложений возникают относительно открытые системы трещин, доминируют и наиболее важны жильные месторождения вольфрама.

Рудные тела одной группы формаций в разнотипных провинциях имеют неодинаковые характеристики. Например, скарны в карбонатных провинциях обычно геденбергит-гроссуляровые, а в офиолитовых — более низкотемпературные и представлены более кислотной фацией — эпидот-андрадитовой, менее ценной как источник вольфрама. В провинциях всех типов встречаются слюдяно-флюоритовые апокарбонатные залежи с шеелитом, иногда самостоятельного значения (Крабат Пулаи в Малайзии).

Минеральные ассоциации в рудах и сочетания металлов определяются общим металлогеническим профилем провинции, а также специализацией рудного комплекса, в который входит месторождение. Если в рудном комплексе имеются месторождения касситерита (в терригенных провинциях), то в вольфрамовых рудах содержится касситерит, если в провинции распространены месторождения Au, то в вольфрамовых рудах появляется Au.

Различна распространенность типов рудовмещающих структур. Для офио-

литовых провинций характерны жилы, часто приуроченные к сколам, реже встречаются штокверки прожилков. В провинциях порфирового типа преобладают жилы, приуроченные к отрывам, ориентировка их в каждой системе сходная, а в различных системах, даже в одном плутоне, различна; нередко, особенно в апикальных выступах плутонов, самые близповерхностные тела представлены зонами грейзенов, пологими жилами или системами прожилков. В терригенных провинциях штокверки редки, господствуют жилы и системы параллельных прожилков, локализованные в крутопадающих отрывах, поперечных или параллельных простиранию складчатости; в карбонатных провинциях доминируют вкрапленные и прожилковые руды в залежах скарнов, последние состоят из силикатов Fe и Ca, легко разлагающихся под воздействием рудоносных растворов с высвобождением катионов — осадителей вольфрама.

Глубины формирования оруденения, особенно плутоногенного, в терригенных провинциях наибольшие (2—3,5 км), а в порфировом типе — наименьшие (0,6—2 км), а значит различен эрозионный срез, оптимальный для обнаружения руд.

Различны и P—T условия образования руд. В терригенных провинциях давление при рудоотложении соответствовало литостатической нагрузке, а в порфировом — резко превышало последнюю, вследствие обилия в растворах летучих. В терригенных провинциях, особенно при формировании оруденения на больших глубинах, P—T условия выдерживаются на больших площадях (Калба, Северная Боливия и др.), следствием чего является выдержанность минерального состава руд (если они расположены в сходных породах и ассоциированы с одной интрузивной фазой), узость диапазона колебаний состава минералов (вольфрамиты, сфалериты, турмалины). В наземных вулканических поясах (кислых субаэральных вулканитов) минеральный состав руд разнообразнее.

Наиболее различен состав высокотемпературных плутоногенных руд (Повилайтис, 1971 г.). В карбонатных и частично офиолитовых провинциях руды отлагаются в среде, более обогащенной кальцием и магнием, чем в провинциях других типов, поэтому оруденение, в основном, шеелитовое. В офиолитовых провинциях распространен также гюбнерит (бедный примесью Nb, Ta и Sc), провинциям других типов присущи вольфрамиты (средние члены ряда, более богатые примесью двух первых из названных элементов и иногда — Sc).

В карбонатных провинциях силикаты с разнообразными типами кристаллических решеток представлены полнее, чем в провинциях других типов. Силикаты различных кристаллохимических групп, встречающихся в провинциях разных типов, в провинциях каждого типа представлены специфическими минеральными видами. Так, гранаты в провинциях карбонатного типа относятся к ряду гроссуляр-андрадит, а в провинциях других типов — к ряду альмандин-спессартин.

Вольфрамовые руды провинций всех типов, кроме карбонатного, часто содержат кольцевые силикаты — турмалин (особенно характерный для терригенных провинций), нередко берилл, в которых Al находится не только в четверной, но и в шестерной координации, а силикаты с более плотными структурами необычны. В карбонатных провинциях отсутствует Be в шестерной координации, что объясняется более щелочным составом

рудоносных растворов. В карбонатных провинциях минералы бора представлены островными силикатами (датолит, аксинит), а Sn и Be, если и встречаются, рассеяны в островных силикатах (гранат, везувиан).

В рудах разнотипных провинций различны количественные соотношения летучих компонентов, щелочных металлов; F и K, источник которых, по-видимому, ювенильный, обильны в эвгеосинклинальных провинциях, Na, B и Cl, возможно заимствованные из осадочных толщ, — в миогеосинклинальных. Различны и минеральные виды, которыми представлены летучие. В офиолитовых провинциях из минералов фтора встречен лишь флюорит, а в порфириковых над флюоритом часто преобладает фтор-топаз. В карбонатных провинциях флюорита мало и он не содержит обычной в провинциях других типов примеси редких земель.

Различны наборы минералов Mo, Fe. В эвгеосинклинальных провинциях это, в основном, молибденит и минерал трехвалентного Fe — пирит, изредка — гелвин, кристаллизующиеся при наличии сильных окислителей — F (особенно газообразного), а в провинциях офиолитового типа — и Mn. В миогеосинклинальных провинциях сульфиды, сульфоарсениды, диарсениды содержат Fe в двухвалентной форме (пирротин, арсенопирит, леллингит, троилит), они отлагаются в более восстановительной обстановке, чем пирит. В провинциях офиолитового типа из сульфосолей развиты сульфовисмутиды Cu и Pb, в терригенных — сульфовисмутиды Pb, сульфостаннаты.

Поскольку характер оруденения разнотипных провинций (и примеси в минералах) различен, по-разному проявляется и его зональность (в провинциях с эвгеосинклинальным режимом развития на глубине в рудах может возрасти доля Mo, а в терригенных провинциях — доля Sn). В вольфрамитовых провинциях порфирикового и терригенного типов, в отличие от офиолитового, повышены содержания Nb, Ta и Sc, поэтому здесь можно ожидать проявления зональности в распределении этих примесей.

В провинциях разных типов вольфрамовое оруденение имеет различные закономерности локализации, различные поисковые и оценочные критерии. В провинциях карбонатного типа оруденение наложено на скарны, приурочено к логообразным понижениям контактовой поверхности плутонов гранитоидов, а не к выступам плутонов гранитов, как вольфрамитовое оруденение, преимущественно жильное в провинциях других типов. Поисковыми признаками на скарновое шеелитовое оруденение являются также зоны интенсивной перекристаллизации известняков, их дедоломитизации и наличие жильных доломитов в самых верхних горизонтах. В провинциях других типов поисковыми признаками являются зоны грейзенизации, березитизации, пропилитизации, аргиллизации и др.

Различны структурно-текстурные особенности руд, в частности, в скарнах карбонатных провинций шеелит обычно тонкозернист, а в провинциях других типов преобладают крупнокристаллические руды. Различны наборы промышленных компонентов и их распределение в минералах. Этим обусловлены некоторые различия технологических качеств руд.

Изложенное показывает тесную связь характера вольфрамового оруденения с особенностями тектоники и магматизма. Насколько же приведены черты минерализации, специфические для типов провинций, обусловлены особенностями развития и строения земной коры? Работами Ф.В. Чухрова, Л.П. Ермиловой, В.С. Чурикова, С.Ф. Лугова, Г.Н. Щербы и других исследователей выявлено относительное постоянство количественных соотношений железа и марганца в вольфрамитах отдельных месторождений по простиранию рудных тел и с увеличением глубины, по мере приближения к рудоносным интрузивам. Упомянутая характеристика минерала обусловлена региональными особенностями территорий, их глубинным строением, составом пород рудосопреженных магматических комплексов, физико-механическими и химическими свойствами среды в сфере рудотложения. В некоторых регионах (Урал, Центральный Казахстан, Восточное Забайкалье) изменение количественных соотношений Fe: Mn в вольфраматах отражает главную региональную тенденцию изменения геологических факторов.

Но различия оруденения, обусловленные типом провинций, не универсальны. Приведем три примера. 1. В отложениях "формаций" Булавайо и Пиривири (Родезийский кратон) вольфрамовое оруденение однотипное, но первая провинция относится к офиолитовому типу, вторая — к терригенному (сланцевому). Появление сходного оруденения обусловлено здесь сходным базальтовым характером магматизма. 2. В выступах докембрийского фундамента (серия Белт) в зоне ларамийской складчатости Кордильер Северной Америки рудный пояс образует гюбнеритовое оруденение, обычно характерное для офиолитовых провинций. Но серия Белт представлена миогеосинклинальными мелкообломочными терригенными осадками, провинция в целом относится к терригенному типу. 3) Атласская складчатая система — типичная сланцевая (аспидные сланцы), но крупнейшее месторождение вольфрама провинции — Азегур — относится к скарновой группе формаций, возможно в связи с наличием в терригенных породах карбонатной составляющей. Это значит, что рудогенез, петрогенез и тектогенез — это процессы, не имеющие причинно-следственной связи. В этом — причина обилия исключений и трудность установления связей между типом оруденения и характером магматизма. Формационная принадлежность месторождений определяется теми же глубинными факторами, что и общий ход тектонического развития, формационный состав литологических отложений структурного элемента земной коры и характер магматизма. Факты свидетельствуют о более важной роли магматизма, с которым сопряжено оруденение, и других глубинных факторов.

Наиболее распространенное оруденение отвечает типу провинции. Будет ошибочным искать или положительно оценивать, например, скарновые месторождения вольфрама в складчатых комплексах и провинциях офиолитового типа, а типичные грейзеновые — в карбонатных. В офиолитовых провинциях более перспективны месторождения гумбеитовой и мусковит-микроклиновой, березит-лиственитовой групп(?) формаций, а в карбонатных — скарновой группы.

Но наиболее важные месторождения имеют и специфику. Так, М.А. Фа-

ворская обращает внимание на приуроченность месторождений к участкам геологических, геохимических, петрохимических аномалий. Крупные месторождения представляют собой не только геохимические, но и минералогические аномалии. Так, руды месторождений оловянно-вольфрамовой формации терригенных провинций обычно не содержат топаза, литиевых слюд, но руды важных месторождений (Иультин, Панашкейра) содержат топаз, а ряда месторождений провинции Цзянси — литиевую слюду. Этот признак можно использовать для положительной оценки месторождений. Каждому типу и подтипу рудных провинций присущи свои наборы типов рудных тел и полей, свои особенности их размещения. В развитие представлений о типах вольфраморудных провинций, высказанных нами ранее, здесь мы рассматриваем размещение провинций разных типов на континентах с учетом петро- и геохимического состава и возраста рудосопреженных магматических комплексов (см. выше табл. 1—8).

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ  
ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОЛЬФРАМА****ВОЛЬФРАМОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ СТРУКТУР  
ЗЕМНОЙ КОРЫ РАЗНЫХ РАНГОВ И ТИПОВ**

Мегаструктуры земной коры (и их элементы) различаются по мощности и строению земной коры, внутренним структурным элементам и рядам формаций. Мощность земной коры тектонических структур возрастает в последовательности: талассократоны — котловины окраинных морей — островные дуги — окраинноматериковые складчатые системы — орогенные прогибы и эпиплатформенные орогены [6]. Соответственно изменяется их перспективность на вольфрам.

**Платформы**

Платформы подразделяются по возрасту фундамента на древние (с добайкальским фундаментом) и молодые (с послебайкальским фундаментом), по подвижности (платформы и метаплатформы Е.Е. Милановского), устойчивые, неустойчивые и активизированные (по В.Н. Козеренко), по положению в системе мегаструктур Земли (платформы северного, южного и промежуточного рядов), по высоте стояния. Среди активизированных платформ можно выделить, учитывая выводы М.С. Нагибиной, следующие типы. I. Подвергшиеся тектонической активизации. II. Подвергшиеся ТМА: 1. Подвергшиеся гранитоидной активизации: а) плутонической, б) вулканоплутонической, в) вулканической; 2. Подвергшиеся базальтоидной активизации: а) вулканоплутонической, б) вулканической (трапповой)<sup>1</sup>. Для металлогенических целей важно подразделить платформы еще детальнее — по возрасту самых молодых складчатых комплексов основания, по составу структурно-формационных комплексов, отвечающих определенной стадии развития земной коры (лунной<sup>2</sup>, нуклеарной и т.д.), по степени развития и формационному составу отложений чехла, соответствующих тем или иным тектоно-магматическим циклам. Перспективность структур на W зависит от их типа и характера основа-

<sup>1</sup> Отнесение траппов к платформенной или орогенной стадии развития дискуссионно.

<sup>2</sup> Возражения по поводу возможности выделения на Земле участков, соответствующих лунной стадии развития, вызваны недоразумением: выделение этой стадии основано на наличии территорий, напоминающих лунные по строению поверхности, структурам и составу пород. Возражения сводятся к другой характеристике: только на Земле проявлен метаморфизм с привнесом воды.

ния. Участки с геосинклинальным фундаментом перспективнее участков с догеосинклинальным основанием.

На древних и молодых платформах месторождения вольфрама встречаются обычно в выступах фундамента, а в областях орогенной ТМА — также в чехле или в орогенном этаже. Принципы прогноза, поисков и оценки в этих случаях различны.

*Древние платформы.* Общая площадь древних платформ 96,2 млн.км<sup>2</sup>, что составляет по А.П. Пронину 60,5% площади суши, равной 149 млн.км<sup>2</sup>. Площадь платформ от 3 до 33 тыс.км<sup>2</sup>, мощность земной коры 35–45 км, максимальная — 40–50 км [6]. Соотношение мощности "гранитного" и "базальтового" слоев одинаковое, формы рельефа поверхности пологие изометричные. По мощности земной коры они подразделяются: 1) с мощностью земной коры более 40 км (Восточно-Европейская, Австралийская, Северо-Американская) (см. рис. 62), в основании коры имеют высокоскоростной слой; 2) с мощностью земной коры менее 40 км (Африкано-Аравийская, Сибирская, Бразильская, Индостанская).

Вольфрамовое оруденение выявлено на щитах, в массивах, в антеклизах, авлакогенах и передовых прогибах. Возраст его соответствует времени консолидации фундамента или орогенной ТМА. Оруденение блоков древних платформ, отвечающих разным стадиям развития земной коры, имеет различия.

На щитах выделяются территории, соответствующие лунной, нуклеарной, протоплатформенной-протогеосинклинальной и платформенно-геосинклинальной стадиям развития земной коры (Павловский, 1975 г.). Площади архейских кратонов (протоконтинентов), соответствующие лунной и нуклеарной стадиям развития, — наиболее древние. Из них отвечающие лунной стадии (4,0–4,5 млрд. лет) характеризуются развитием кристаллических сланцев (пироксен-плагиоклазовых и др.), эклогитов, габбро-норитов, габбро-анортозитов и анортозитов, господством округлых отрицательных вулкано-тектонических структур, окружающих разломами. Структурные этажи, присущие геосинклинально-складчатым областям и платформам, в целом здесь отсутствуют, хотя на доскладчатом фундаменте (соответствует лунной стадии развития) может быть развит чехол. Вольфрамовое оруденение здесь не проявлено. Причины этого — те же, что и причины редкости более древних, чем протерозойские, месторождений литофильных металлов — отсутствие гранитного и осадочно-метаморфического слоев земной коры<sup>1</sup>. Поскольку эти структуры не прошли геосинклинальной стадии развития, их можно не подвергать опоскованию на месторождении вольфрама и других литофильных металлов<sup>2</sup>.

Области, соответствующие нуклеарной (как и лунной) стадии развития (4–2,6 млрд. лет), предположительно, отвечают "базальтовой" оболочке (слою) земной коры. Они сложены гранито-зеленокаменными сериями, возникшими на месте эвгеосинклинальных впадин, заложенных на первич-

<sup>1</sup> В этом причина отсутствия допротерозойских месторождений урана, а не распад последнего [25]. Источник литофильных металлов, в том числе вольфрама, остается неясным, пока не установят причины и механизм образования этого слоя, с которым связаны месторождения.

<sup>2</sup> В этом отношении наши выводы противоречат приведенным в работе [7].

ной океанической коре, — мощными (5–15 км) толщами интенсивно измененных и деформированных вулканогенно-осадочных пород, имеются крупные изоклинальные складки и узкие дугообразные зоны кристаллических сланцев. В их низах ультраосновные и основные вулканиты чередуются со сланцами, образовавшимися по терригенным осадкам, частью с железистыми кварцитами. Встречаются расслоенные интрузивы основных пород, высокомагнезиальные толеитовые метабаазальты (зеленокаменные породы) с прослоями кислых лав и кремнистых пород. Их верхние горизонты сложены туфогенными и грубообломочными терригенными породами, имеются прослой трахиандезитов, риолитов, известняков. Прогибы, разобщавшие вулканические зоны, ориентированы незакономерно и заполнены отложениями фумарол, хемогенными и граувакками. В конце стадии среди эффузивов и осадочных пород появились группы (“стада”) беспорядочно расположенных изометричных гранитных куполов, обнаженных в положительных формах рельефа, сложенных тоналитовыми гнейсами, плагιοгранитами, возник гранитно-метаморфический слой. Более молодые интрузии (силлы, штоки, лополиты, лакколиты, акмолиты) сложены калиевыми гранитами. Метаморфизм — в амфиболитовой, зеленосланцевой, гранулитовой фации.

Гранито-гнейсовые купола месторождений вольфрама обычно не несут. Но принципиально здесь могут быть выявлены небольшие жильные плутоногенные месторождения золото-вольфрамовой формации, связанные с тоналитовыми плагιοгранитами, и мелкие месторождения, ассоциирующие с более молодыми калиевыми гранитами, встречающимися в гранито-гнейсовых куполах и разобщающих их зеленокаменных породах.

В древнейших зеленокаменных провинциях можно обнаружить также месторождения сложного генезиса — гидротермально-осадочно-метаморфогенные (?), переходные между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями, представленные согласными залежами шеелитоносных магнезиальных и известковых скарнов, ассоциирующих с диабазами. По ассоциации металлов они сходны с месторождениями поздних стадий орогенного развития. Сочетание металлов в них для залежей скарнов необычно, поэтому тонкодисперсное шеелитовое оруденение, если не фиксировать внимание, может быть пропущено. Судя по данным Н.А. Штрейса (1984 г.), такие месторождения можно обнаружить в отложениях лишь тех структурных этажей, которые формировались хотя бы на тонкой континентальной коре (в базальных конгломератах есть галька гранодиоритов, кварцевых диоритов и др.). Такие месторождения можно встретить и в провинциях терригенного типа. Вдоль благоприятных горизонтов кровли, окаймляющих гранито-гнейсовые купола, особенно у границ зеленокаменных поясов, где преимущественно развит метаморфизм амфиболитовой фации. Вольфрамовое оруденение обычно тонкодисперсное шеелитовое, скарновое (“скарноидной” группы формаций), незначительных масштабов. Возможно двухъярусное их расположение в разных структурных комплексах фундамента (как в Родезийском кратоне Африкано-Аравийской платформы).

В зеленокаменных породах еще более высоких стратиграфических уровней могут залегать жильные месторождения золото-вольфрамовой формации пропилитовой группы, как на Южно-Африканской глыбе. Жилы

содержат золото, антимонит, теллуриды, шеелит. Региональный и локальный контроль их размещения также стратиграфический. Эти жилы могут иметь в каждом рудном регионе свою ориентировку, поэтому геомеханический способ поисков, рекомендуемый для некоторых типов фанерозойских руд провинций, здесь неприменим. Поисковым признаком являются пропилизация, импрегнация сульфидами, местами карбонатизация пород на расстоянии до нескольких метров от жил. Обычно такие жилы подвергались складчатости и будинажу, могут быть представлены отдельными будинами.

В дугообразных поясах кристаллических сланцев, окаймляющих кратоны, в гнейсах, амфиболитах и кварцитах можно встретить мелкие редкие пегматитовые и кварцевожилные месторождения шеелита.

Первые геосинклинали возникли еще в раннем архее, при появлении в земной коре полей тангенциальных напряжений и линейных глубинных разломов. Структуры, соответствующие протогоеосинклинальной-протоплатформенной стадии развития земной коры (3,5 млрд. лет), многие исследователи считают нецелесообразным выделять протогоеосинклинали как специфический тип структур, характерный для докембрия. Но ранние геосинклинальные прогибы отличались громадой величиной, простой формой, отсутствием четких внутренних поднятий, отложения в них однообразны, смяты в крупные выдержанные линейные складки и интродуцированы гранитами. Эволюция магматизма гомодромная. Метаморфизм соответствует гранулитовой и амфиболитовой фации. Распространены анатектическая гранитизация и мигматизация, в конце протогоя был сформирован "гранитно-метаморфический слой" земной коры.

На протоплатформах мощность отложений чехла (обломочных, вулканогенных, а в протерозое иногда и карбонатных), залегающих здесь спокойно, от единиц до десятков и более километров (редко). Характерны моноклинали, грабен-синклинали, беспорядочно ориентированные брахискладки, гранитные купола, вблизи них проявилась деформация и контактовый метаморфизм пород чехла, гранитизация пород фундамента.

Вольфрамовое оруденение известно в протогоеосинклиналях. Рудоносные территории этого типа подразделены нами на: 1) зеленокаменные, соответствующие бывшим субмаринным вулканическим поясам, 2) терригенные, сложенные аспидной формацией, 3) карбонатные. В провинциях первых двух типов встречаются месторождения (существенно вольфрамовые) золото- и молибден-вольфрамовой формации. Эти территории можно подразделить и на несущие оруденение: 1) синхронное время консолидации и 2) связанное с процессами ТМА. В обоих случаях масштабы оруденения, как и его характер и особенности локализации, зависят от возраста консолидации и активизации. Здесь известны мелкие месторождения молибден-вольфрамовой формации скарновой, пегматитовой и грейзеновой (жилные) группы.

В зеленокаменных провинциях распространены согласные шеелитоносные залежи стратиформного оруденения молибден-вольфрамовой формации скарновой (тактитовой) группы, приуроченные к осадочно-вулканогенным толщам. Скарны апокарбонатные (аподолемитовые и апоизвестняковые) и апоамфиболитовые, связаны с позднеорогенными гранито-

идами, но могут быть удалены от них на километры и иметь региональное распространение. Их можно встретить вблизи выступов блоков фундамента складчатой области в антиклинориях. Поисковые признаки на это оруденение — зоны дедоломитизации, на верхних горизонтах — графитизации, развитие вблизи позднеорогенных гранитов скарнов, наличие гранатов с содержанием гроссулярового минала  $\geq 57\%$  (по В.И. Ивашенко). Форма залежей определяется мощностью и залеганием скарнируемых пород. Иногда области развития магнезиальных и известковых скарнов разобщены. Оруденение в магнезиальных скарнах шеелитовое, а в известковых встречается еще и молибдошеелитовое. Оруденение в известковых скарнах перспективнее на W.

Крупных докембрийских месторождений вольфрама неизвестно, за исключением скарнового месторождения Санг-Донг, спорного возраста (см. с. 88).

Каждая эпоха складчатости, начиная с кеноранской или даже трансвальской, сопровождалась формированием вольфрамового оруденения. Характер последнего в структурных комплексах разного возраста различен. В складчатых комплексах, начиная с гренвилевского (1000 млн.л.т), можно встретить жильные месторождения вольфрама не только оловянно-, но и молибден-вольфрамовой формации грейзеновой и пегматитовой групп, ассоциирующие с плутонами более молодых гранитов.

В кристаллических сланцах гренвилевского и дельийского комплексов (возраст завершающей складчатости 600–700 млн.лет) встречаются месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, связанные с плутонами гранитов Li—F геохимического типа и представленные жилами кварца с касситеритом и вольфрамитом, сопровождаемые топаз-слюдяно-кварцевыми грейзенами, содержащими триоктаэдрические слюды, богатые литием и железом, — залегающие в гранитах и в их ближнем экзоконтакте, среди зеленокаменных или терригенных пород.

В салаирскую (сардскую) фазу тектогенеза (570 млн.лет) образовались многочисленные скарновые (скарноидные) шеелитовые (иногда с молибдошеелитом) месторождения, контролируемые горизонтами слюдяных сланцев и переслаивающихся с ними амфиболитов. В породах гранулитовой фации метаморфизма такое оруденение встречается редко. Значительные площади распространения, обилие месторождений (до сотен) и высокие содержания W в рудах до 40%, иногда наличие почти мономинеральных прослоев шеелита мощностью в 1 м свидетельствуют о перспективности месторождений и рудных регионов [88]. Поскольку шеелит в скарнах тонкодисперсный, необходимо применение люминоскопов.

Поиски подобного стратиформного вольфрамового оруденения следует проводить на щитах и метаплатформах вдоль их окраин в зонах регионального метаморфизма амфиболитовой фации (чаще всего PR) и гранитизации.

Для фундамента древних платформ характерно однообразие оруденения, особенно жильного, на значительных площадях, что обусловлено особенно крупными размерами рудоносных плутонов в плане (до первых десятков тысяч квадратных километров) и сходством структурных условий рудоотложения. Жильное оруденение может быть представлено свое-

образной формы будинами — “дикарями”, как это имеет место в центральных регионах Африкано-Аравийской платформы.

Для пегматитов оловянно-вольфрамовой формации характерно присутствие, помимо касситерита и вольфрамита, самостоятельных выделений колумбита. Касситерит приурочен к краевым частям тел пегматитов и к ранним фазам процесса, а вольфрамит — к осевым кварцевым ядрам или к несколько более поздним жилам кварца, располагающимся по периферии пегматитовых полей. В пегматитах нередко развит, наряду с полевым шпатом и кварцем, андалузит. Все эти минералы и шеелит могут быть частично или полностью перекристаллизованы с уменьшением величины зерна, а шеелит замещен ферберитом.

Еще шире ферберитизация шеелита может быть развита в жильных месторождениях оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. Вторичный тонкокristаллический ферберит может развиваться в верхних частях жил и замещать не только шеелит, но и гюбнерит, вольфрамит и даже ферберит, близкий ко вторичному по составу. Технологические свойства руд в регионах развития вторичного ферберита ухудшаются, так как последний более порист и хрупок, чем первичный. В некоторых областях фундамента древних платформ, подвергшихся фанерозойской ТМА, развитие ферберита по шеелиту является формой базификации в экзоконтактах молодых гранитных интрузивов. На флангах протерозойских поясов подобных месторождений в черносланцевых отложениях (PR) на крыльях антиклиналей можно встретить и стратиформные залежи необычных руд — черные (графитистые) сланцы с вкрапленностью сферо- и дисковидных “нодулей” тонкокristаллического ферберита. Эти руды, в отличие от шеелитовых стратиформных, не претерпели регионального метаморфизма. Рудоконтролирующими могут быть отложения одного структурного этажа или даже одного стратиграфического горизонта, развитые на обширных площадях. Самый эффективный метод поисков этого оруденения — металлометрический — выявление и оконтуривание площадей распространения сланцев с надкларковым содержанием вольфрама. Заслуживает внимания графитизация вблизи рудных тел (ее считают наложенной) и слабая турмалинизация.

Для целей металлогении важно подразделять платформы не только на древние и молодые, но и по возрасту складчатых комплексов фундамента и характеру слагающих их ассоциаций литологических формаций, соответствующих провинциям различных типов. Территории древних платформ с нуклеарным или лунным основанием, даже в случае их ТМА, менее перспективны на руды вольфрама, молибдена и других литофильных металлов, чем возникшие на протогеосинклинальном и геосинклинальном основании. В зеленокаменных ядрах континентов с возрастом консолидации 2300—2500 и более млрд лет, обнаружены месторождения золото-вольфрамовой формации с незначительным шеелитовым оруденением (Колар на Индийской платформе, Поркюпайн в провинции озера Верхнего, Иеллоупайн в провинции озера Большого Невольничего на Канадско-Гренландском ците). Такого же типа оруденение следует ожидать в фундаменте Сибирской платформы, возраст консолидации которого в основном свыше 2700 млн лет.

Мегаблоки фундамента с одинаковым возрастом консолидации, отно-

сящиеся к одному литологическому типу провинций и несущие сходное оруденение, могут быть разобщены при наложении тектонических процессов безрудными (мегаблоки Черчилл и Верхнего Озера на Канадско-Гренландском щите). Блоки фундамента различного возраста консолидации могут относиться к разным типам провинций и нести различное вольфрамовое оруденение. Так, на Северо-Американской платформе в упомянутых мегаблоках Канадско-Гренландского щита с возрастом консолидации, равным или более 2500 млн лет, встречается шеелитовое оруденение золото-вольфрамовой формации безрент-лиственитовой группы, в блоке с возрастом консолидации 1200–1500 млн лет (фундамент плиты) – жильное вольфрамитовое оруденение оловянно-вольфрамовой формации пегматитовой и грейзеновой групп, в блоке с возрастом консолидации 1500–2500 млн лет (граница метаплатформы плато Колорадо и Северо-Американской платформы) – стратиформное шеелитовое молибден-вольфрамовой формации скарновой (тактитовой) группы. Причина различий: каждый мегаблок относится к особому типу рудных провинций. Мегаблоки озер Верхнего и Большого Невольничьего соответствуют провинциям офиолитового типа (близок к уральскому, но отличается обилием коматитов), это – зеленокаменное ядро Северо-Американского континента. Хотя ориентировка зеленокаменных трогов в таких древних провинциях разнообразна, месторождения золото-вольфрамовой формации образуют пояс, грубо согласный с южным ограничением щита. Блок, вмещающий рудный узел Блэк Хиллс, относится к терригенному типу провинций.

Месторождения, представленные пологими метасоматическими залежами в отложениях чехла или вулканитах орогенного этажа, невелики, их протяжение на глубину небольшое. Месторождения, представленные пологими метасоматическими залежами скарнов (тактитов) или вторичных кварцитов в отложениях геосинклинального этажа, докембрийских или, как показано ниже, каледонских, имеют значительное протяжение на глубину и по простиранию. И поисковые признаки на оруденение, в частности рудоносные магматические комплексы и метасоматические формации, различны.

На метаплатформах, выделяемых Е.Е. Милановским, в фундаменте встречается стратиформное шеелитовое и молибдошеелитовое оруденение молибден-вольфрамовой формации скарновой группы, а в вулканитах орогенного чехла – жильное гюбнеритовое. Эти платформы могут окаймляться эпиорогенными и эпиплатформенными рифтами, разобщающими их с древними устойчивыми платформами. К этим рифтовым зонам приурочено вулканоплутоногенное оруденение молибден-вольфрамовой (“молибден-порфировой”) формации кварц-калишпатовой группы. Вольфрамоносность выделяемых В.Н. Козеренко устойчивых, неустойчивых и подвергшихся ТМА древних платформ, различна. На устойчивых древних платформах вольфрамовое оруденение встречается в блоках фундамента с определенным возрастом консолидации и отвечающих определенной стадии развития земной коры. На неустойчивых платформах, перекрытых траппами, оруденение может встретиться в тех же структурах фундамента, но изредка и более молодое, синхронное времени активизации.

Итак, в фундаменте древних платформ расположены месторождения вольфрама скарноидной группы, связанные с архейским (?) магматизмом ранне- и позднегеосинклинальной стадии развития. С магматизмом позднегеосинклинальной стадии (раннеинверсионным) габбро-плаггиогранитной формации связано плутоногенное шеелитовое оруденение золото-вольфрамовой формации березит-лиственитовой группы. В древних отложениях Канадско-Гренландского щита они распространены регионально и определяют характер вольфрамового оруденения упомянутых структур в целом. В вулканогенно-осадочных "зеленокаменных" прото- и геосинклиналях встречаются месторождения золото-вольфрамовой формации, в черносланцевых — оловянно-вольфрамовой, в лептитовых — медно-вольфрамовой формации скарновой (тактитовой) группы. На Балтийском щите лептитовые геосинклинали перспективнее на W, чем зеленокаменные. В последних оруденение молибден-вольфрамовой формации скарноидной группы встречается при наличии среди вулканитов кислых эффузивов.

В геосинклинальных системах протерозоя метаморфические породы, образовавшиеся по эвгеосинклинальным формациям, слагают синклинали, ограниченные древними массивами. Оруденение представлено вкрапленностью ферберита, молибдошеелита и шеелита в амфиболитах и гранито-гнейсах.

В карбонатном чехле возможно обнаружение россыпей в подземных карстовых пустотах, возникших вследствие вымывания карбонатов и концентрации рудных минералов, ранее вкрапленных в породах, как это имеет место на востоке Бразилии. На древних платформах южного ряда месторождения молибден-вольфрамовой формации, за исключением мелких скарновых, пегматитовых и кварцевожилых, отсутствуют. Распространено докембрийское шеелитовое оруденение, обычно с небольшими запасами. Встречаются W-содержащие редкометальные месторождения в полевошпатовых метасоматитах, мелкие месторождения оловянно-, реже молибден-вольфрамовой формации пегматитовой группы. Выявлены согласные залежи шеелитоносных скарнов молибден-вольфрамовой формации, ассоциирующие с плутонами гранитов, в частности, гранитов-рапакиви.

Оруденения, связанного с субсеквентной стадией развития геосинклинального процесса, в этих структурах нет. Можно встретить только оруденение, сформированное в инициальную и зрелую стадии развития геосинклинального процесса, а также в синорогенную (раннеорогенную) стадию. Вероятно этим и обусловлено отсутствие на древних платформах существенно молибденового оруденения молибден-вольфрамовой формации вне пределов фанерозойских подвижных поясов, из молибденовых и молибден-вольфрамовых месторождений встречаются лишь мелкие, а также рудопроявления.

Области ТМА древних платформ. В таких областях характер оруденения зависит от типа фундамента и возраста ТМА. Территории, возникшие на эпинуклеарном, а также эпилунном основании, окажутся, даже в случае их тектоно-магматической активизации, менее перспективными на вольфрамовое, и вероятно на оруденение других литофильных металлов, чем древние платформы с протогеосинклинальным и геосинклинальным

основанием, хотя имеется мнение о наибольшей перспективности таких участков на месторождения литофильных металлов [7].

Прогноз и поиски вольфрамового оруденения следует вести с учетом типа активизации — гранитоидного или базальтоидного. В областях базальтоидной активизации вольфрамовое оруденение представлено жилами с минералами меди и вольфрама или зонами брекчирования с оруденением золото-вольфрамовой формации. Поисковыми признаками в первом случае являются зоны березитизации (?), во втором — зоны аргиллизации. Из месторождений вулканогенной ассоциации наиболее перспективны расположенные в фундаменте платформ и геосинклинально-складчатых областей, представленные жильными телами, а не оруденелыми зонами брекчирования. Некоторые жильные тела, переходные между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями (на щите или антеклизе Цзяннаня), протягиваются на глубину до 1200 м, при относительно небольшой длине (в 6 раз меньше протяжения на глубину). В области гранитоидной активизации с вулcano-плутоническими комплексами ассоциирует оруденение иных типов, чем с плутоническими. Плутоногенное оруденение можно встретить в разновозрастных областях активизации вплоть до позднепалеозойских. В плутонических областях активизации с плутонами калиевых гранитов ассоциируют обычно месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. В их областях нет плутонов плагиогранитов и связанных с ними месторождений. В гранитах, внедрившихся в эпикратонную синеклизу Трансвааль (провинция терригенного сланцевого типа), образовались месторождения оловянно-вольфрамовой формации гранитовой и кварц-турмалин-хлоритовой групп.

В областях активизации, наложенных на прогибы раннего заложения (синклинорные зоны складчатых областей, геосинклинальные части авлакогенов), возникли плутоногенные месторождения. В областях активизации передовых прогибов, заложившихся на древних платформах, сопряженных с молодыми складчатыми системами, в отложениях, соответствующих эпохам орогенной ТМА, оруденение иного характера. В мезозойском вулканическом поясе с вулканитами базальтового состава, наложенном на эпикратонную грабеноподобную впадину, встречаются месторождения медно-вольфрамовой березитовой (?) формации, а в областях орогенной эпиплатформенной активизации, синхронной с позднеорогенным этапом развития сопряженных геосинклинальных систем, с интрузивными телами кайнозойских вулcano-плутонических комплексов связаны штокверковые месторождения вольфрам-молибденовой ("молибден-порфировой") формации полевошпат-кварцевой группы (Клаймакс, Гендерсон и др., США). В последнем случае масштабы оруденения больше, чем в случае его развития на молодых платформах.

Реже встречается, но часто значительно крупнее оруденение, возникшее в синеклизах, антеклизах и авлакогенах, в эпоху мезо-кайнозойской орогенной ТМА блоков щитов, консолидированных в протерозое. Здесь встречено вулканогенное вольфрамовое оруденение золото- и сурьмяно-вольфрамовой формаций, первое — в перикратонном прогибе Денвер, второе — в антеклизе Цзяннаня. Месторождения областей протоактивизации плутоногенные, областей активизации — вулcano-плутоногенные (в менее жестких структурах) и вулканогенные (в самых жестких структурах).

На размещение фанерозойских месторождений вольфрама, возникших в условиях ТМА, влияет блоковое строение фундамента древних платформ, наличие авлакогенов, метаплатформенных областей, а в них — метаплатформенных массивов и авлакогеосинклинальных зон. Рудные пояса, возникшие во время ТМА древних платформ, приурочены к границам глыб древнейшей консолидации, а рудные узлы — к тройным сопряжениям блоков разного возраста консолидации. Примерами являются — Циркумвайомингский и Циркумколорадский рудные пояса Северо-Американской платформы. В обоих случаях оруденение относится к вулканоплутонической ассоциации рудных формаций и распространено в зоне кайнозойского рифтинга, возникшего в зоне взаимодействия (субдукции?) Восточно-Тихоокеанского поднятия с континентальной плитой Северной Америки. Месторождения области развития эпигорогенного рифтинга могут нести иные типы вольфрамового оруденения — существенно вольфрамовые (гюбнеритовые), обычно жильные, — чем области развития эпиплатформенного рифтинга (существенно молибденовые молибден-вольфрамовой формации), как на Северо-Американском континенте.

В размещении месторождений на древних платформах группы Лавразии важную роль играли рифейские авлакогены. Большинство из них приурочено к "межам" — зонам высокомагнитных аномалий (древним складчатым зонам в фундаменте), разделяющим гнейсовые и гнейсово-гранулитовые блоки — "поля". "Межи" являются, по Е.Е. Милановскому, линейными зонами высокой проницаемости, насыщенными продуктами выноса вещества из глубоких зон коры и мантии. В них чередовались режимы сжатия и растяжения, осуществлялись пластическое раздавливание, реоморфизм, частичное плавление, вызывающее гранитообразование, неоднократный прогрессивный и регрессивный метаморфизм, радиологическое омоложение пород. К авлакогенам приурочены месторождения Санг-Донг, Латвасюр и др. Первое окончательно сформировано в ходе орогенной ТМА, второе — в позднеорогенный этап развития.

Блоковое строение фундамента древних платформ влияет на размещение месторождений, локализованных и в пределах смежных фанерозойских геосинклинально-складчатых систем. Так, на мысленном продолжении авлакогена Чикитос находятся месторождения Северо-Болливийского блока, на продолжении авлакогеосинклинальной зоны Сьерра-де-ла-Вентана — месторождения массива Сьерра-Пампа. Особенно четко подобный контроль размещения месторождений проявлен на континентах группы Гондваны. На континентах группы Лавразии этот контроль реализуется только в зонах мезо-кайнозойской ТМА. Это свидетельствует о более слабом воздействии рифейских авлакогенов на локализацию месторождений вольфрама на континентах этой группы.

Ряд важных месторождений вольфрама локализован в складчатых системах, обрамляющих древние платформы, против их клиновидных выступов. Например, мезозойские вулканоплутоногенные месторождения молибден-вольфрамовой ("молибден-порфировой") формации калишпат-кварцевой и серицит-кварцевой групп Джидинского рудного узла находятся против клиновидного Ангарского выступа Сибирской платформы, в ореоле мезозойской ТМА каледонид.

## Закономерности размещения месторождений вольфрама в фундаменте, чехле и орогенном этаже древних платформ

Закономерности размещения месторождений в структурных этажах древних платформ рассмотрим на примере Северо-Американской платформы. Месторождения вольфрама расположены в Канадско-Гренландском щите, в фундаменте плиты. Очень редко встречающееся оруденение в чехле (в Прикордильерской зоне эпиплатформенного орогенеза) охарактеризуем вместе с синхронным ему оруденением складчатого пояса Кордильер.

На Канадско-Гренландском щите в провинциях Озера Верхнее и Невольничей (область кеноранской складчатости, 2500 млн.лет) известны шеелитовые месторождения золото-вольфрамовой формации березит-лиственитовой группы (Иеллоунайф), ассоциирующие с породами габбро-гранитной формации, характерной для зрелой стадии развития геосинклиналей (стадии частных инверсий). Они образуют пояс, протягивающийся вдоль южного, вторичного ограничения щита, возможно наследующего какое-то древнейшее нарушение.

Рудный узел Блэк Хиллс расположен на стыке блоков фундамента с различным возрастом консолидации (2,5 млрд. лет и более 2,5–1,5 млрд. лет, 1,5–1,2 млрд. лет), в выступе сиалического фундамента с возрастом консолидации 1,5–1,2 млрд.лет, поднятом и обнаженном эрозией во время третичной ТМА. В гранитных плутонах (PR) и вблизи них в кристаллических сланцах (PR) известно 40 докембрийских месторождений (Сильвер Хилл и др.) оловянно-вольфрамовой формации пегматитовой и грейзеновой групп. В другом выступе фундамента (возраст консолидации 1,5–1,2 млрд.лет), расположенном в штате Миссури, выявлены месторождения (Эйнштейн и др.) оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, но, в отличие от упомянутых выше, Ag – содержащие. Все эти месторождения плутоногенные, сформированы в раннеорогенную стадию развития геосинклинали.

В фундаменте метаплатформы Колорадо-Вайоминг, в вайомингском мафическом блоке вскрыта эксгалационно-осадочно-метаморфогенная стратиформная шеелитовая минерализация молибден-вольфрамовой формации скарновой (тактитовой) группы, возникающая в раннегеосинклинальную (?) стадию, до завершения формирования фундамента.

Рудные пояса эпохи третичной орогенной ТМА окаймляют глыбы древнейшей консолидации фундамента Северо-Американской платформы (см. рис. 3), точнее блоки фундамента метаплатформы Колорадо-Вайоминг, располагаясь вдоль их тектонически оживленных границ. Оруденение в этих рудных поясах иное, чем в глыбах фундамента собственно Северо-Американской платформы. Месторождения третичные, вулканоплутоногенные, молибден-вольфрамовой формации серицит-кварцевой и кварц-калишпатовой групп. Вольфрамовое оруденение гюбнеритовое, молибдошеелитовое, а не шеелитовое как в провинциях Невольничья и Верхнего озера и не вольфрамитовое, как в блоках регионов Блэк Хиллс и Сильвер Майн. Наконец, на активизированной в третичное время территории платформы, на стыке трех разновозрастных блоков фундамента в

восточном сегменте Циркумколорадского рудного пояса, на выклинивании эпиплатформенного рифта Рио-Гранде, в блоке с возрастом консолидации 1,5–1,2 млрд. лет расположены существенно молибденовые штокерковые месторождения (Клаймакс, Гендерсон). Они находятся в месте пересечения линеамента  $40^\circ$ -ной широты, выраженного ступенью в поверхности мантии (данные Я. Кутины, 1982 г.), меридионального рифта Рио-Гранде, северо-западного глубинного разлома, трассируемого медно-порфиоровыми месторождениями, и глубинного разлома, вдоль которого располагаются малые интрузии и разнообразные по формационной принадлежности месторождения рудного пояса Колорадо. В рифтовой зоне в эффузивах орогенного этажа, перекрывающего чехол платформы, расположено жильное вольфрамовое (гюбнеритовое) месторождение Сан Хуан. В отложениях чехла платформы (С–Р), находится полиформационное скарново-грейзеновое оруденение молибден-вольфрамовой формации Айрон-Маутин и стратиформное гюбнеритовое. Упомянутые выше кольцевые рудные пояса находятся на мысленном продолжении на континенте Восточно-Тихоокеанского поднятия (см. рис. 2), в пределах которого вулканы имеют надкларковые содержания вольфрама (устное сообщение В.К. Денисенко, 1982 г.).

В самой восточной части зоны кайнозойской ТМА Северо-Американской платформы в периплатформенной впадине в выступе фундамента расположено 50 вулканогенных месторождений золото-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы, представленные оруденелыми зонами брекчирования (округ Боулдер), расположенными на пересечении разнонаправленных разломов. Вольфрамовое оруденение выражено здесь, в отличие от такового других рудных узлов, ферберитом, золотое сопутствуется серебряным, выражено большим спектром теллуридов, сульфидов и т.д., а не самородным золотом, как в плутоногенных месторождениях глыб древнейшей консолидации платформы. Еще восточнее, в самых низах чехла платформы залегает вулканогенное золото-сурьмяно-вольфрамовое месторождение Ледвуд.

### **Фанерозойские геосинклинально-складчатые системы и молодые платформы**

К молодым платформам обычно относят эпибайкальские. Эти платформы имеют, как отмечалось А.Л. Яншиным, два разновозрастных чехла, состав и физико-механические свойства слагающих их пород, а также строение чехлов могут различаться. Мощность земной коры молодых платформ (35–45 км) — меньше, чем древних, формы рельефа поверхности М линейные, отражают ориентировку складчатых структур палеозойского фундамента [6]. Вольфрамовое оруденение приурочено к массивам — выходам геосинклинально-складчатого фундамента (эпигерцинская (?) платформа Центральной Европы, эпикаледонская платформа Юго-Востока Азии и др.).

*Каледониды.* Каледонские складчатые области – это зоны или сегменты больших рифейско-фанерозойских подвижных поясов, консолидированные в кембрии, силуре или раннем девоне. Первые относятся к раннекаледонскому, последние – к позднекаледонскому тектоно-магматическому циклу. Каледонское вольфрамовое оруденение встречается редко – лишь в отдельных регионах, ассоциирует обычно с позднекаледонскими магматическими комплексами. Редкость его объясняется тем, что соответствующие складчатые сооружения отличаются ярким проявлением ранних стадий геосинклинального развития, широким распространением магматизма основного и ультраосновного состава и слабым развитием лейкогранитов. Поздние стадии развития редуцированы, воздымание, завершающее каледонскую складчатость, было, судя по отсутствию краевых прогибов, слабым. Поэтому каледониды неблагоприятны для проявления вольфрамового оруденения. Важные месторождения формировались лишь в этапы их ТМА.

Вольфрамовое оруденение обнаружено в собственно каледонских складчатых зонах и в глыбах фундамента – кристаллических массивах, а также в зонах ТМА. Поисковые признаки в этих трех случаях различны. Зоны собственно каледонской складчатости перспективны на вольфрам лишь в случае проявления в них орогенного этапа (что для каледонид не типично), имела место инверсия, сопровождавшаяся внедрением плутонов габбро-гранитной формации или если территория подвергалась орогенной ТМА. В частных поднятиях на вольфрамовое оруденение перспективны контакты плутонов сложной серии пород от габбро- до гранитов и плагиигранитов. Могут встретиться месторождения, ассоциирующие и с малыми интрузиями плагиигранитов базальтоидного происхождения. Оруденение следует искать в тех же структурах, где развиты малые интрузии или плутоны, на пересечении разломов, в отложениях определенных (для каждого региона) структурных залежей.

Раннекаледонские месторождения обычно плутоногенные. Минералы W в них – второстепенная составная часть золото-медного оруденения (в Центральном Казахстане и др., ордовик, 500–460 млн.лет). Так, в ассоциации с позднекаледонскими магматическими комплексами в Кузнецком Алатау (Хакассия) последовательно формировались скарновые месторождения, переходные от медной к вольфрамовой формации, и затем – минерализация золото-вольфрамовой формации (Глафириновское, Иттуй и др.). В Южном Казахстане в это время (S, по устному сообщению О.Ф. Кроля, абс. возраст 396–414 млн.лет) сформировано месторождение Богуты оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. В это же или в герцинское время в Горном Алтае образовались молибден-вольфрамовые штокверковые месторождения Урзарсай, Токаревское и др. С калиевыми, иногда турмалиновыми гранитами связаны рудопроявления вольфрама в Приморье. Это оруденение в основном шеелитовое. Шеелит скарновых месторождений обычно без примеси молибдена.

Среди каледонид в выступах фундамента (в срединных массивах и др.) в определенных стратиграфических горизонтах протерозоя, среди мета-

осадочных толщ, включающих горизонты диабазов, могут быть выявлены стратиформные месторождения шеелита скарноидного или кварцевого типа. Шеелит обычно без примеси или с незначительной примесью молибдена. Если на территориях имеются граниты, то в них оруденение не прослеживается (за исключением оруденения в ксенолитах).

Возможно, что в каледонское время сформированы шеелитоносные стратиформные залежи — в Восточных Альпах (Фельберталь, Тукс, Клайнарль), в Западных Альпах и в Сардинии. Это оруденение приурочено к прослоям битуминозных сланцев, иногда чередующимся с метадиабазами, или к их контактам с известняками. В регионах развития месторождений имеются и интрузивы гранитоидов. В ряде месторождений оруденение наложено на осадочную породу, претерпевшую региональный метаморфизм (иногда многократный) низкой ступени. Принадлежность его к каледонскому циклу требует дополнительного обоснования.

*Области каледонской ТМА.* Такие области редки. К ним можно отнести некоторые рудные регионы Северо-Восточной Бразилии. Здесь каледонскому тектономагматическому циклу (рубеж  $\epsilon/0$  или  $O_1$ ) соответствует оруденение многочисленных мелких скарновых шеелитовых месторождений плато Бордорема (Бразилия), возникших при гранитизации осадочных пород во время каледонской ТМА. Возраст оруденения (500 млн. лет) значительно моложе возраста гранитов, поэтому его считают (Моралев, Ткачева, 1975 г.) метаморфогенным. Чаще встречается шеелитовое оруденение медно- и золото-вольфрамовой формации скарновой и серицит-кварцевой групп, ассоциированное с гранитоидами базальтоидного происхождения (габбро-гранодиоритовой формации).

*Области ТМА каледонид.* В зонах герцинской и альпийской ТМА каледонид встречаются плутоногенные или вулканоплутоногенные месторождения. В плутонических провинциях оруденение приурочено к эндо- и экзоконтактам плутонов калиевых гранитов, в вулканоплутонических — к цепочкам малых интрузий (штоки, этмолиты, дайки) субщелочных гранитов, расположенным вдоль секущих глубинных разломов.

Плутоногенное вольфрамовое оруденение может быть крупным в случае развития его в поздних каледонидах фундамента молодых платформ, на территориях, перекрытых чехлом. Оруденение в фундаменте может быть представлено полиформационными месторождениями. Во время мезо-кайнозойской ТМА каледонид на территории Юго-Восточного Китая возникло наиболее крупное оруденение. Вольфрамовые и W-содержащие месторождения образуют рудный пояс длиной 100 км вдоль субширотной тектонической зоны, пересекающей различные по времени и степени консолидации структуры. Пояс включает рудные районы, удлинённые в поперечном направлении, оперяющие тектоническую зону и согласные с прогибами, поднятиями или разломами в каледонском фундаменте (Материков, 1969 г.). Плутоногенные месторождения оловянно-вольфрамовой формации скарновой и грейзеновой групп находятся в пределах плиты, скарновые — локализованы на склонах платформенных поднятий и в осложняющих последние прогибах, в отложениях чехла (С-Р).

Месторождения грейзеновой группы формаций залегают в поднятиях, в эпиплатформенном синклинии, среди отложений не протерозойского,

как в Цзяннани, а складчатого комплекса фундамента, где развиты грани- ты яньшаньского плутона.

В Катазиатском антиклинории, в наложенной приразломной впадине, где и чехол перекрыт осадочно-вулканогенной толщей орогенного этажа, возникло богатое сульфидами вулканоплутоногенное вольфрамовое месторождение Ляньхуашань, (90 млн. лет) моложе возраста месторожде- ний оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы.

В других областях ТМА встречены месторождения молибден-воль- фрамовой формации кварц-калишпатовой и кварц-серицитовой групп. Среди рудных тел особенно важны грибовидные и аркоподобные шток- верки, беспорядочно ориентированных прожилков тонкокристалличес- кого кварца с молибденитом, трубы оруденелой брекчии, системы жил в сопряженных отрывах и сколах, протягивающиеся на значительную глубину. Поисковым признаком являются ритмично-зональные текстуры гранит-порфиоров в штоках, ареалы калишпатизации и окварцевания. Штокверки расположены "шапками" над штоками. При многократном внедрении рудоносной магмы и при чередовании в рудном поле пород различной хрупкости они залегают многоярусно. В дельвии тонкокристал- лический кварц рудоносных прожилков встречается среди столь же тонко- кристаллического, но распространенного шире, кварца безрудных прожил- ков. Молибденит тонкодисперсный, невидимый невооруженным глазом, придает кварцу характерный синеватый оттенок. Вольфрамит также мел- кокристаллический.

Поиски подобного оруденения следует вести вдоль цепочек малых интрузий (штоки, дайки), вдоль секущих глубинных разломов и на их скреще- ниях. Особенно важное оруденение расположено в зонах глубинных разло- мов, ограничивающих по простиранию зоны распространения рифтов и грабенов над ступенями в поверхности мантии или слоев земной коры. Если оруденение ассоциирует с этмолитами, что может иметь место в зонах ТМА (MZ-KZ), то оно скорее всего будет существенно молибде- ным или даже не сопровождаться вольфрамовым. Вольфрамоворудные тела, ассоциирующие со штоками, могут быть предствлены сложными жилами в сопряженных сколах и отрывах (приурочены к дайковым по- лям), а также трубами оруденелой брекчии, и характеризоваться значи- тельным (до 1000 м) протяжением оруденения на глубину. На глубине жильные тела, связанные со штоками, могут выполаживаться, а связанные с этмолитами — становиться более крутопадающими. В наложенных грабе- нообразных прогибах, заполненных отложениями вулканогенно-осадочной верхней молассы, а также на периклинальных замыканиях антиклинориев можно встретить также полиформационные месторождения с полиметал- лическим и вольфрамовым оруденением, ассоциирующие с интрузивами андезитовой формации.

Наиболее важно и интенсивно в зонах не только поздних, но и ранних каледонид, может быть оруденение (MZ-KZ) молибден-вольфрамовой формации, расположенное вдоль глубинных разломов, ограничивающих структурно-формационные зоны.

*Герциниды.* На поздний палеозой приходится максимум тектонической активности в неогене. Герцинское вольфрамовое оруденение распространено очень широко в герцинских складчатых сооружениях, реже в каледонских массивах, где образовалось во время орогенной ТМА. Герцинидам, часто приуроченным к дорифейскому гранито-гнейсовому фундаменту, присуще полициклическое развитие в два, иногда три тектономагматических цикла (конец R<sub>1</sub> или R<sub>2</sub>, и в PZ). Герциниды занимают значительно большую площадь, чем сопряженные с ними каледониды и нередко как бы продолжают развитие последних. Замыкание их произошло быстрее, чем каледонид и байкалит.

Орогенный этап развития выражен ярко — интенсивной складчатостью, метаморфизмом, гранитоидным сиалическим магматизмом и эндогенным рудообразованием, распространенными планетарно. Среди герцинских складчатых систем имеются линейные (нередко параллельно-блокового (клавишного) строения и изометричные (овальные). Эти системы распространены, в основном, в северном полушарии, в зоне Тетиса (Средиземноморский и Урало-Монгольский подвижные пояса), встречаются в Тихоокеанском. В PZ<sub>3</sub> континенты Гондваны и Лавразия составляли мегаконтинент Пангея, спаянный герцинидами. Менее протяженные герцинские геосинклинально-складчатые системы — Атлантическая, Боливийская, Капская, Восточно-Австралийская, обрамляли континент Гондваны.

Среди герцинид можно выделить окраинно-материковые (Новая Англия, обрамляющая восточную окраину Австралии) и межматериковые — Уральскую, Аппалачскую геосинклинально-складчатые системы, сходные по строению и развитию (включают восточные эвгеосинклинальные и западные миогеосинклинальные зоны, спаяли древние платформы Лавразии — соответственно Восточно-Европейскую и Сибирскую, Северо-Американскую и Восточно-Европейскую), по возрасту (P) оруденения, приуроченности к эвгеосинклинальным зонам, к интрагеоантиклинальным поднятиям и частично — к прогибам. В обеих вдоль глубинных и региональных разломов проходят согласные пояса плутоногенных жильных гюбнеритовых месторождений молибден-вольфрамовой формации грайзеновой (?) или мусковит-полевошпатовой групп.

Вольфрамовые месторождения этого возраста (Маунт-Плезант) встречаются в северной части Аппалач, где имеется наложенный орогенный прогиб. Здесь совмещено плутоногенное оруденение оловянно-вольфрамовой формации и вулканоплутоногенное штокверковое молибден-вольфрамовой формации (абс. возраст  $320 \pm 18$  млн. лет). Южнее находятся небольшие жильные месторождения: Хэм на востоке США (С или Р), промышленные содержания шеелита выявлены в месторождениях талька.

Урало-Монгольский подвижный пояс имеет и существенные отличия от Тихоокеанского и Средиземноморского в тектоническом и металлогенном отношении: герцинский тектогенез здесь играл значительно большую роль. Пояс является межматериковым, не имеет территорий с корой океанического типа — океанических бассейнов или их реликтов. Здесь нет точек повышенной длительной эндогенной активности.

Герцинское вольфрамовое оруденение Урала — это скарновые редкие и гюбнеритовые месторождения молибден-вольфрамовой формации мусковит-микроклиновой группы на Среднем Урале (абс. возраст 290–255 млн. лет). Они связаны с комплексом сиалических калиевых гранитов (абс. возраст 270 млн. лет). На Полярном Урале имеется позднекаледонское или герцинское Торговское жильное шеелитовое месторождение (абс. возраст 318–264 млн. лет, данные Н.П. Юшкина). На Южном Урале в зонах продольных глубинных разломов встречается минерализация вольфрамовой формации скарновой и гумбеитовой групп, ассоциирующая с плутонами пород повышенной основности и щелочности — габброплаггиогранитов и габбро-гранодиоритов (карбон, абс. возраст 285 млн. лет). Возраст плутоногенной кварцевожильной шеелитовой минерализации вольфрамовой формации березитовой группы Урала 266–255 млн. лет.

В это же время в Средней Азии формируются в основном контактовые залежи скарнов молибден-, оловянно- или золото-вольфрамовой формации: Майхура (возраст скарнов 312–290 млн. лет, возраст оруденения 286–257 млн. лет), Койташ (возраст магматических образований 272 млн. лет), Кара-Тюбе (возраст магматических образований — 265 млн. лет, а оруденения — 254 млн. лет) — по данным Е.М. Головина и др. В шеелите этих скарнов — отсутствует или незначительно содержание примеси Мо. Эти месторождения, во всяком случае наиболее важные из них, залегают в отложениях S (герцинский геосинклинальный этаж).

Продольным линейным поясом является также Калбинский, совпадающий с интрагеосинклинальным прогибом. Он объединяет плутоногенные жильные месторождения оловянно-вольфрамовой формации пегматитовой и грейзеновой групп, связанные с одним или тремя сближенными во времени магматическими комплексами (абс. возраст 300–268 млн. лет).

В Альпийско-Гималайском поясе рудные пояса имеются в герцинидах обрамления платформ Лавразии и в Атласской системе. Оруденение плутоногенное, редко вулканоплутоногенное. В герцинском фундаменте платформы Западной Европы распространено оруденение оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой и кварц-турмалин-хлоритовой групп, связанное с плутонами гранитов. Менее развито плутоногенное оруденение молибден-вольфрамовой формации областей ТМА (Центральной Казахстан, Восточная Австралия). Месторождения локализованы вдоль региональных разломов и контактов плутонов, представлены жилами в отрывах, изредка грейзенами, трубчатыми телами (без брекчии). Протяжение оруденения на глубину не более 600 м.

#### *Альпиды и альпийское вольфрамовое оруденение*

Мезозойские геосинклинали, заложенные на континентальной коре, имели четкий орогенный этап, поэтому особенно продуктивны на W (Сьерра-Невада, Приморье, Чукотка, Восточное Забайкалье). В области ТМА (MZ<sub>3</sub>) образовались провинции Юго-Востока КНР (см. с. 198), КНДР, МНР, Бирма-Малайская, Забайкалье (без юрского прогиба). Рудные пояса протяжением до 2000 км и более часто находятся под зонами Беньюфа. Кроме главных плутоногенных, распространены вулканоплутоногенные месторождения, связанные со штоками и этмолитами. Месторождения находятся по границам блоков разного возраста и режима развития — в

интрагеоантиклиналах и срединных массивах, реже — в интрагеосинклиналах, на островных дугах. Представлены жилами в отрывах и сколах, испытавших при рудоотложении продольные подвижки стенок, редко — трубками брекчии. Протяжение руд на глубину — до 1000 м. Возникают полиформационные месторождения.

Кайнозойское оруденение вулканоплутогенное, обычно пропилитовой и серицит-кварцевой и кварц-турмалин-хлоритовой групп. Месторождения пегматитовой и грейзеновой групп неизвестны.

В складчатых системах это в основном оруденение сурьмяно-вольфрамовой формации, а на шитах древних платформ — переходное от этой к золото-вольфрамовой формации. Вулканоплутогенное оруденение молибден-вольфрамовой формации скарновой и полевошпат-кварцевой групп сформировано в зонах ларамийской складчатости Северной Америки, юга Европы и Большого Кавказа. Скарновое оруденение представлено рудоносными инфильтрационными залежами скарнов (в Динарских Альпах).

В это время резко возрастала роль процессов ТМА, эпиконтинентального (эпиорогенного и эпиплатформенного) рифтогенеза, оживились и стали играть рудоконцентрирующую роль глубинные разломы, секущие переходные зоны материков и океанов. Оруденение образовалось и в архейских породах (Атолия). Рудные пояса и месторождения появляются и в консолидированных структурах в перикратонных и передовых прогибах (соответственно Боулдер Каунти, США; Калимати, Индия) и на островных дугах (Японской). В западном и восточном секторах Тихоокеанского кольца области рудоотложения значительно расширяются, в Альпийско-Гималайском поясе они распространены значительно слабее. В палеогене образовались в основном вулканоплутогенные W-содержащие месторождения оловянно-, золото- и полиметаллической формации березитовой группы, молибден-вольфрамовой формации скарновой группы.

В Альпийских геосинклинально-складчатых системах Тихоокеанского подвижного пояса образовалось вольфрамовое оруденение нового типа — тунгстенит-тунгститовое (Тамватней в Верхоянской системе).

В Скалистых горах Северной Америки в связи с ларамийской фазой складчатости возникли вулканоплутогенные месторождения вольфрама Циркумколорадского рудного кольца, месторождения молибден-вольфрамовой ("молибден-порфиоровой") формации кварц-калишпатовой группы — штокверковые (Клаймакс, Гендерсон и др.) и оруденелые брекчиевые трубы (Литл Коттон Вуд, абс. возраст 24—31 млн. лет, P<sub>3</sub> или P/N (25 ± 1 млн. лет)). В это же время сформирован Колорадский линейный рудный пояс. Эти месторождения расположены в области кайнозойского наведенного эпиорогенного и эпиплатформенного рифтинга, находящейся на мысленном продолжении к северу Восточно-Тихоокеанского поднятия. Область эпиконтинентального рифтогенеза протягивается от границы континента до 40° северной широты, где и находятся (на выклинивании эпиплатформенного рифта Рио-Гранде) крупнейшие месторождения молибдена Клаймакс, Гендерсон и др.

В зоне ларамийской складчатости, обрамляющей с запада плато Колорадо и глыбу Вайоминг, промышленные месторождения вольфрама приурочены к выходам фундамента (PrE). Часто они размещаются вдоль границ или на сочленении трех блоков фундамента разного возраста. Они образовались в олигоцене или на рубеже P/N, во второй этап кайнозойского

вулканизма (излияния лав кислого, частью среднего состава) перед началом извержения игнимбритов. В то же время в восточной части Циркумколорадского кольца образовалось незначительное вулкано-плутоногенное скарновое оруденение в чехле платформы, связанное со штоками риолитов и аплитов (Айрон-Маунтин). Наибольшее значение имеют послойные инфильтрационные гранат-пироксеновые скарны с молибдошеелитом, обильны также молибденит, шеелит, окислы железа, гелльвин, а контактовые залежи редки и малопродуктивны на W. В целом кайнозойскому скарновому оруденению, образовавшемуся на древних и молодых платформах, присущ молибдошеелит (что свидетельствует о большей щелочности растворов), сменяющийся во времени шеелитом (поздние генерации).

Регион развития третичных месторождений Кордильер Северной Америки относится к области эпигеосинклиальной и эпиплатформенной орогенной ТМА. В центральной части очертания его изометричные, но прослеживается и вдоль всей складчатой системы Кордильер. Характер вольфрамового оруденения этой области зависит от структур, подвергшихся активизации, от степени "зрелости" в них коры, от состава магм и возраста оруденения. Характер третичного оруденения зон ранне- и позднеальпийской консолидации Кордильер и прилегающего участка древней Северо-Американской платформы различен.

Это — единственный в мире пример вольфрамоносной области вулкано-генной базальтоидной активизации. Считают, что третичная ТМА территории западных штатов США обусловлена поднятием крупного астенолита. В процессы преобразования и плавления вовлечены не только нижняя часть земной коры, но и часть осадочно-метаморфического слоя. Именно поэтому здесь образовалось вольфрамовое оруденение в связи и с основными, и с кислыми магмами. Разнообразие типов оруденения (гюбнеритовое, шеелитовое, ферберитовое; с теллуридами золота и серебра; с сульфидами серебра; с минералами сурьмы) обусловлено разнообразием состава вмещающих пород и пород синхронной оруденению непрерывной магматической серии.

В области Северо-Американской платформы, подвергшейся третичной ТМА (к юго-востоку от плато Колорадо), в отложениях чехла образовались вулкано-плутоногенное грейзеново-скарновое месторождение Айрон-Маунтин молибден-вольфрамовой формации, а в выступе фундамента — штокверковые, упоминавшиеся Клаймакс и Гендерсон.

На размещение фанерозойских вулкано-плутоногенных месторождений вольфрама, возникших в условиях ТМА древних платформ, влияет блоковое строение фундамента. Рудные пояса приурочены к границам глыб древнейшей консолидации. Так, Циркумвайомингский, Циркумколорадский пояса оконтуривают, по Е.Е. Милановскому, металлатформу. Рудные узлы приурочены к участкам сопряжения разновозрастных блоков фундамента (см. рис. 3). Зона эпиплатформенной и эпигеосинклиальной ларамийской складчатости и расположенные в ней рудные пояса, в основном, вулкано-плутоногенные (Циркумколорадский, Циркумвайомингский, Колорадский, находятся между  $117^{\circ}$ -м и  $118^{\circ}$ -м меридианами, на мысленном продолжении Восточно-Тихоокеанского поднятия, в зоне предполагаемой субдукции. Считают, что наведенный кайнозойский рифтинг этой зоны, рассредоточенный на площади шириной 800–1000 км, обусловлен

пересечением континента при его движении на запад осью спрединга Восточно-Тихоокеанского поднятия.

Базальтоидный магматизм (базальтово-риолитовые комплексы) проявляются здесь с середины верхнего миоцена (31 млн. лет) до сих пор, особенно интенсивно во время трансформных движений после прекращения субдукции, с которой совпала во времени ларамийская складчатость. Оруденение, связанное с этим магматическим комплексом, проявилось значительно позже ларамийской складчатости. Вулкано-плутоногенные месторождения Клаймакс, Гендерсон, Литтл Коттонвуд образовались после прекращения предполагаемой субдукции Тихоокеанской плиты под край Северо-Американской (20–30 млн. лет назад), с середины олигоцена до дунайской эпохи тектоно-магматической активности ( $25 \pm 2$  млн. лет). В эвгеосинклинальных структурно-формационных зонах Кордильер, перекрытых вулканитами, образовались вулканогенные месторождения золото-серебряной формации, иногда с гюбнеритом. Рудные тела месторождений стратиформные и зоны оруденелой брекчии. Чем больше в них гюбнерита, тем больше серебра.

Значительно шире в условиях позднеальпийской ТМА образовалось вулканогенное вольфрамовое оруденение, в Северной Америке — начиная с аттической эпохи тектоно-магматической активности ( $9 \pm 3$  млн. лет) или несколько ранее. В это время в ходе резко дифференцированного воздымания территории возник тектонический рельеф с амплитудой в несколько километров. Амплитуда вертикальных смещений по рифту более 5 км. Движения сопровождались излиянием лав, вулканизм бимодальный базальт-риолитовый, мантийного происхождения. Вулканогенные месторождения (шеелитовые) сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы приурочены к области ТМА (Tr) блока ранних альпид Калифорнийско-Колумбийского сегмента Кордильер. Самое крупное месторождение (Атолия) приурочено к выступу архейского фундамента в этом блоке. Западнее, в эвгеосинклинальной зоне невадид расположено месторождение Зака золото-серебряно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы. В зоне невадийской складчатости Кордильер Северной и Южной Америки в процессе ТМА возник пояс вулканогенных шеелитовых месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы (Иеллоу Пайн, Атолия и др., США).

В кавказскую фазу тектоно-магматической активности образовалась группа месторождений W-содержащих гидроокислов марганца и железа (Голконда и др., США).

В условиях новейшей ТМА в области крупного рифта, сформировавшегося между плутоном Сьерра-Невада и провинцией Бассейнов и Хребтов США, в последние 3 млн. лет образовалось осадочное месторождение вольфрама — Сёрлс.

Концентрической зональности вольфрамового оруденения относительно Калифорнийского прогиба нами не выявлено. По-видимому, зональность оруденения определяется структурами земной коры и возрастом оруденения, а не положением прогиба Калифорнийского залива.

Кайнозойская ТМА проявилась и в Южной Америке. В Андах в миогеосинклинальной зоне герцинид (?) имеется пояс ферберитовых месторождений (Tr) сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы,

секущий под небольшим углом пояс плутоногенных и вулканоплутоногенных оловянно-вольфрамовых, также образовавшихся в условиях третичной орогенной ТМА. В Южно-Боливийской субпровинции, где фундамент расположен ближе к земной поверхности, эти месторождения многочисленнее и богаче, чем в Северо-Боливийской, хотя и подобны им по морфоструктурному типу рудных тел (крутопадающие оруденелые зоны брекчирования, жилы) и минеральным ассоциациям.

Незначительная вольфрамовая минерализация имеется в некоторых месторождениях ( $P_1$ ) медно-золотой формации турмалин-хлорит-кварцевой группы северного Чили, представленных брекчиевыми грубками, и эоцен-нижнеолигоценовых медно-молибденовых ( $P_2$  — нижний  $P_3$ ) порфировой формации. В миоцене образовались месторождения южной группы Северной Боливии (абс. возраст плутона Кимса Крус 26—24 млн. лет), вольфрам-оловянное оруденение Южной Боливии (абс. возраст оруденения Лялягуа, Потоси, Оруро, Уануни 20—7 млн. лет (N): Лялягуа  $20,9 \pm 0,4$  млн. лет, Колкечака 22,6 млн. лет, Потоси 13,8 млн. лет, Тасна 16,4 млн. лет, Чорольк 16,2 млн. лет, Чокайя 13,8 млн. лет. Наряду с касситерит-сульфидными месторождениями здесь встречается полиметаллически-гюбнеритовое верхнемиоценовое (9—10 млн. лет), жильное оруденение (Пасто Буэна, Компакча, Перу и Сан-Кристоваль, Аргентина). Среди вулканоплутоногенных месторождений серицит-кварцевой группы появляются золото-, олово- или серебряно-вольфрамовые с комплексным оруденением, в рудах которых роль W невелика. Незначительное вольфрамовое оруденение формировалось в оловянно-серебряных месторождениях в Боливийской интрагорст-геоантиклинали и в вулканоплутоногенных вольфрам-полиметаллических месторождениях межгорного прогиба Альтиплано.

В палеогене образовались вулканоплутоногенные W-содержащие полиметаллические месторождения серицито-кварцевой группы на Японской островной дуге — Икуно-Акенобе, Асио, Тада, Кагосима (абс. возраст 77—44 млн. лет). В это время сформировались свинцово-цинково-вольфрамовые месторождения (скарновое шеелитовое Джаур в Приморье), богатое сульфидами шеелитовое месторождение Икар (Памир) пропилитовой группы.

Альпийский (ларамийский) тектоно-магматический цикл проявился в Среднегорье Болгарии. Складчатость сопровождалась, по Стр. Димитрову, образованием интрузивных тел, сложенных габбро и габбро-диоритами, монцонитами, монцонит-сиенитами и гранитами субсеквентного вулканоплутонического комплекса. С комплексом ассоциирует скарновое оруденение (Fe, Cu, в меньшей мере Mo, W), соответствующее среднему этапу развития складчатой области.

На Большом Кавказе наиболее интересно молибден-вольфрамовое месторождение Тырнауз скарновой группы ассоциирует с интрузивным комплексом, абсолютный возраст которого 20 млн. лет (по Г.Д. Афанасьеву и А.М. Борсуку). Ценское вольфрам-арсенипитровое оруденение серицито-кварцевой группы, по М.М. Аракелянц, А.М. Борсуку и др., связано с гранит-порфирами горы Цурунгал (4,15 млн. лет). Позже, в поздний миоцен-антропоген (?) в условиях ТМА кислый магматизм сменился основным вулканизмом. Соответственно изменился характер воль-

фрамового оруденения. Формируются, в основном, пояса вулканогенных месторождений аргиллизитовой группы – сурьмяно-вольфрамовой, реже – других формаций (окварцованные и оруденелые зоны брекчирования), в структурно-формационной зоне Южного склона они субпараллельны главному надвигу.

К.И. Чичинадзе и Г.И. Тогонидзе считают, что сурьмяно-вольфрамовое оруденение Горной Рачи парагенетически связано с дацитовыми неинтрузиями.

Пояс ферберитовых месторождений переходных между золото- и сурьмяно-вольфрамовой формациями (Усин, Лендяси, Тоуан и др.) сформировался и в КНР – в антеклизе Цзяннания. Оруденение на шитах, консолидированных в протерозое, встречается реже, но значительно крупнее, чем оруденение той же формации, образованное в процессе ТМА геосинклинально-складчатых областей, оруденение, возникшее в эпоху мезокайнозойской ТМА.

Золото-вольфрамовая формация представлена иным геологическим типом месторождений, чем в более древние эпохи, – вулканогенным. Большая часть рудных тел – это окварцованные зоны брекчирования. В это же время образовались и бедные вольфрамом комплексные месторождения аргиллизитовой группы – серебряно-вольфрамовые (Зака, США), в которых главным минералом W является гюбнерит, и оловянные с ферберитом в Мексике и Японии. Изменяются минеральный состав руд и состав рудообразующих минералов. Типы изменения боковых пород иные, чем в мезозое (в околорудно-измененных породах возрастает роль гидрослюда).

Кайнозойские пояса вулканоплутоногенного оруденения более короткие, а пояса вулканогенного оруденения – и более узкие. Места локализации вулканогенного оруденения иные, чем плутоногенного и вулканоплутоногенного. Вулканогенное вольфрамовое оруденение имеет планетарное распространение, приурочено в основном к двум крупнейшим глобальным подвижным поясам – Тихоокеанскому и Альпийско-Гималайскому, имеется и на древних платформах (в пределах щитов, антеклиз), в областях их кайнозойской ТМА. Оно нередко приурочено к рудным поясам, параллельным линеаментам, ограничивающим древние платформы. Встречается в срединных массивах – Анатолийском (Гюмюслер), Агинском (Барун-Шивея), интрагеоантиклиналях и вдоль ограничивающих их глубинных разломов, на их склонах (Боливийский, Калифорнийско-Невадский, Горно-Рачинский), активизированных выступах фундамента в периплатформенных прогибах (в округе Боулдер на Северо-Американской платформе). Наиболее перспективны вулканогенные месторождения, залегающие в фундаменте древних платформ и геосинклинально-складчатых систем в областях орогенной ТМА. Месторождения располагаются в опущенных крыльях глубинных разломов, на сильно нарушенных разломами антиклиналях.

Минеральный состав рудных зон кайнозойских месторождений золото-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы очень сложный, что обусловлено, по-видимому, пестрым составом пород вулканического комплекса, с которым ассоциирует это оруденение, и спецификой его геотектонической позиции – в месте взаимодействия структур океани-

ческой и континентальной коры. Минеральный состав месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации той же группы прост, что вызвано, возможно, образованием оруденения в момент смены андезитового вулканизма базальтовым, в более простой геотектонической обстановке. В рудах этих месторождений почти не проявлены распад, разложение и замещение минералов.

Масштабы оруденения возрастают от древних к молодым месторождениям в связи общей консолидацией земной коры, повышением роли рудоконцентрирующих глубинных разломов и динамической активности внедряющейся магмы. На рубеже MZ и KZ эта тенденция нарушается, формируются в основном мелкие месторождения W и единичные крупные.

Причины редкости кайнозойских плутогенных месторождений вольфрама нам представляются иными, чем высказанные рядом авторов [7]. Одна из причин, как это справедливо указывается [7] – то, что гранит-лейкогранитная формация альпийского тектоно-магматического цикла находится в процессе становления. Но оруденение этого возраста в отличие от мезозойского, выражено не плутонической, а вулкано-плутонической ассоциацией формаций, возросла роль вулканической ассоциации месторождений вольфрама, связанных с более основными (или бимодальными) магмами.

В четвертичное время возникли лишь месторождения вольфрамовой гидроокисной формации, образовавшиеся во время TMA – в Калифорнийско-Невадском рудном поясе (Голконда, Содавилль, абс. возраст плиоценовый (?) до голоцена 5 млн. лет), Боливийском поясе (Унция и др.), Тяньшане (Тоссор, Аксай, Токсонбулак, борту Рейнского грабена, в которых вольфрамовое оруденение приурочено к первичным шляпам гидроокислов железа и марганца, проникающим и в неогеновые отложения. Более древних аналогов этих месторождений неизвестно.

Кайнозойское оруденение, как и мезозойское приурочено только к крупнейшим глобальным подвижным поясам – Тихоокеанскому и Альпийско-Гималайскому, но для него, в отличие от мезозойского оруденения, характерно залегание в пределах сложной мозаики блоков в разных структурных этажах, вплоть до альпийского геосинклинального и орогенного этажей, частая связь с базальтоидными магматическими комплексами.

Наиболее перспективны на вольфрамовое оруденение геосинклинально-складчатые системы, в которых орогенный этап проявился в позднем мезозое, и области мезозойской орогенной TMA, то есть те, наибольшая активность которых соответствует времени максимальных интенсивности и экстенсивности вольфрамового оруденения в истории Земли.

Вольфрамоносные области находятся в участках, заложившихся на раздробленном консолидированном фундаменте, испытавшем геосинклинальное развитие в вариссийскую, каледонскую или рифейскую эпохи, имеющие гетерогенное строение, проявление процессов собственно геосинклинальной и орогенной стадий альпийского тектоно-магматического цикла. Чем более длительное полициклическое геосинклинальное развитие пережила данная территория, тем она перспективнее на вольфрам. В участках Тихоокеанского подвижного пояса, заложившихся на океанической коре, месторождения вольфрама отсутствуют.

Выделяются геосинклинальные прогибы сквозного развития. Например, геосинклинальное погружение Сванетского прогиба в альпийском поясе Евразии продолжалось в течение всего палеозоя и значительной части мезозоя. Темп движений был слабым, и магматическая активность также. В таких структурах, в отличие от геосинклинальных прогибов, претерпевавших неоднократные изменения типа и скорости тектонических движений, оруденение довольно однообразно.

В осевых частях антиклинорий полигеосинклиналей в выходах древних складчатых комплексов ( $PR_3$ ,  $PZ_1$ ) нередко на громадных площадях распространено стратиформное (шеелитовое) оруденение — осадочно-метаморфогенное. В полигеосинклиналях смежные циклы редко характеризуются сходной последовательностью и полнотой проявления событий. Так, в Альпийских сооружениях Европы интенсивно проявились герцинский и альпийский циклы. Но, как отметил А.Л. Яншин, зона альпийской складчатости с самого начала развивалась иначе, чем зона герцинской. Смежные циклы не только повторяют один другой, но и продолжают. Имеют связь и структуры, возникшие в конце каждого цикла.

Наиболее крупные месторождения вольфрама (как и важнейшие рудные провинции) приурочены к складчатым областям (или их сегментам) полициклического развития — геосинклинального или ТМА, сохранившим тектоно-магматическую активность и в мезозое, то есть такие, где ко времени проявления того тектонического цикла, с которым связано оруденение, земная кора была зрелой, континентального типа. Чаще всего таким циклом был верхнемезозойский. Это обстоятельство важно для прогнозов крупного оруденения.

Полигеосинклинали и области полициклической орогенной ТМА древних и молодых платформ, отличаются сложной горизонтальной и вертикальной металлогенической зональностью, наличием крупных месторождений вольфрама. В них нередки рудные провинции разных типов и возраста. Месторождения одной или разных групп формаций, расположенные в различных сегментах складчатой системы, могут контролироваться разными литологическими горизонтами и магматическими комплексами разного возраста, различных формаций и ассоциаций. Они могут быть приурочены к литологически сходным (или различным) отложениям разных складчатых комплексов.

### **Закономерности размещения месторождений вольфрама в фундаменте, геосинклинальном и орогенном этаже складчатых систем фанерозоя**

В различных продольных зонах и поперечных сегментах одной геосинклинально-складчатой системы, месторождения даже одной группы формаций могут контролироваться отложениями разных структурных этажей. Соответственно могут различаться морфоструктурные типы рудных тел и минеральный состав руд, масштабы оруденения. Такие различия можно показать на примере месторождений вольфрама, залегающих в разных геосинклинальных этажах Кордильер на территории США, Канады и Мексики. В Калифорнийско-Колумбийском сегменте — в каледонском геосин-

клинальном этапе расположены месторождения молибден-вольфрамовой формации скарновой группы, в орогенном этапе – серебряно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы (Зака). В Кордильерах Канады распространены месторождения молибден-вольфрамовой формации скарновой группы, связанные с гранитоидами, внедрившимися в невадийскую фазу тектогенеза (абс. возраст 137 млн. лет), есть месторождения медно-вольфрамовой формации той же группы, связанные с монзонитовыми плутонами, соответствующими австрийской фазе тектогенеза (абс. возраст 95 млн. лет). И те, и другие залегают в каледонском геосинклинальном этапе. В альпийском этапе ( $J_3-K_1$ ) встречаются жильные месторождения (Рэд Роуз, Рочер Дебоуле) медно-вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы, приуроченные к мелким телам диоритов.

В мексиканском сегменте, в раннеальпийском геосинклинальном этапе развиты месторождения полиметаллически-вольфрамовой формации скарновой группы, а в альпийском орогенном этапе – вулканогенные W-содержащие месторождения гидроокисно-марганцево-железистой формации и W-содержащие оловянной "риолитовой" формации грейзеновой группы.

В разных блоках подвижных поясов размещение месторождений даже одной группы формаций может контролироваться разными структурными этапами или даже стратиграфическими горизонтами. Таким образом нередко месторождения вольфрама определенного типа в одном блоке залегают в одном этапе, а в другом блоке – в другом этапе. В месторождениях, представленных первичными шляпами вольфрамоносных гидроокислов железа и марганца проявлена структурно-минеральная зональность: в геосинклинальном этапе оруденение выражено системой прожилков, а в орогенном – главными рудными телами – залежами W-содержащих гидроокисных железо-марганцевых руд.

Структурные этажи влияют на морфоструктурный тип рудных тел, на размещение оруденения в отдельных рудных телах и полях, минеральный состав руд, зональность оруденения. Нередко наличие мелких блоков, сложенных другим, чем вмещающая зона, структурным этажом иного типа, возраста, влияет на масштабы оруденения. Так, в продольной миогеосинклинальной зоне ларамийской складчатости Кордильер Северной Америки в выступах блоков фундамента, сложенных отложениями серии Белт (PR), залегают наиболее важные гюбнеритовые месторождения серицит-кварцевой (?) группы.

Различия характера и интенсивности оруденения в разных структурных этапах могут быть обусловлены различиями физико-механических свойств отложений, как это отмечено Л.И. Лукиным, их состава (по данным В.И. Казанского) – в противном случае оруденение переходит из одного этапа (яруса) в другой, не изменяя своих качеств. Различия оруденения могут иметься также и при сходстве состава (и свойств) пород, слагающих разные этажи, если они обусловлены изменением структурных условий становления и формационной принадлежности рудосопряженного магматического комплекса, эволюцией оруденения во времени или различиями примесей в породах.

Однако это закономерность может целесообразно использоваться для оценки оруденения только с учетом структурных условий становления и формационной принадлежности рудосопряженного магматического

комплекса: сравнение должно производиться в пределах однородных групп месторождений — плутогенных, вулканоплутогенных или вулканогенных. В целом можно сказать, что месторождения вольфрама эвкализионно-осадочно-метаморфогенной группы залегают в отложениях не моложе герцинского этажа. В альпийском этаже встречаются месторождения только следующих групп: аргиллизитовой, W — содержащих гидрокислов железа и марганца, а также галогенной [57]. Нередко на значительных территориях, сложенных отложениями геосинклинального этажа и принадлежащих рудным провинциям одного типа, развивается сходное в формационном отношении вольфрамовое оруденение. В складчатых системах разного возраста рудоконтролирующими могут быть отложения геосинклинального структурного этажа разных возрастов.

### **Закономерности размещения месторождений вольфрама на молодых платформах**

Рассмотрим эти закономерности на примере территории Юго-Восточного Китая, дополнив выводы по этому региону, сделанные А.Д. Щегловым, Е.П. Малиновским, Н.П. Материковым.

На активизированной в мезозое эпикаледонской платформе, примыкающей с юго-востока к древней Южно-Китайской в терригенных отложениях фундамента образовались крупные плутогенные жильные месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. В чехле выявлено стратиформное вольфрамовое оруденение, а там, где в чехле имеются и карбонатные породы, образовались контактовые скарновые месторождения (Чен-Чан, Илю), а также крупные плутогенные полигенные месторождения, в которых совмещено оруденение скарновой и грейзеновой групп формаций (Яогансань) или собственно грейзеновые, причем их оруденение нередко представлено особым экологическим типом грейзенов — апокарбонатными грейзенами, богатыми минералами бериллия.

В Катазиатском антиклинории, там, где каледонский фундамент перекрыт орогенным этажом, распространены мелкие плутогенные грейзеновые и жильные месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы. В том же вулканическом поясе, в прогибе, заполненном терригенно-вулканогенными отложениями орогенного этажа, сформировано крупное месторождение вольфрама Ляньхуашань. Здесь, помимо упомянутого плутогенного оруденения, имеется более молодое богатое сульфидами железа оруденение вольфрамовой формации серицит-кварцевой группы, связанное с субвулканическими членами вулканоплутонического пояса. В фундаменте (PR<sub>3</sub>) Южно-Китайской древней платформы, где вольфрамовое оруденение представлено вулканогенными месторождениями Усин, Тинцзуси, Лендяси, переходными между сурьмяно- и золото-вольфрамовой формациями серицит-кварцевой группы.

Таким образом, на территории Юго-Восточного Китая характер вольфрамового оруденения в фундаменте древней платформы (в антеклизе Цзяннаня) и в фундаменте молодой эпикаледонской платформы (район Южного Цзянси) различен. В первом случае это жильное ртутно-сурьмяно-золото-вольфрамовое оруденение, переходное между золото- и сурьмяно-вольфрамовой аргиллизитовой формациями, во втором — оловянно-вольфрамовой грейзеновой формации.

Некоторые поисковые критерии являются общими для геосинклинально-складчатых систем всех типов и возрастов.

В подвижных поясах протерозоя и фанерозоя вольфрамовое оруденение чаще всего приурочено к плутонам калиевых гранитов. Эти плутоны расположены на активизированных эпикаледонских платформах (где залегают только в чехле плит), в геосинклинально-складчатых областях и областях ТМА консолидированных складчатых систем. В геосинклинально-складчатых системах месторождения часто располагаются в местах несогласного наложения складчатости (или глубинных разломов) вследствие изменения планов деформации во времени. Перспективны зоны контактового и регионального метаморфизма амфиболитовой фации. Многоярусность оруденения может проявиться и в палеозойских, и в мезозойских областях ТМА, но в первых она вызвана физико-механической и химической неоднородностью рудного поля, а во вторых — может возникнуть и в однородной по физико-механическим свойствам среде вследствие неоднородности воздействия сил.

В складчатых системах вольфрамовое оруденение, возникшее во время инверсии геосинклиналей, приурочено к внутренним массивам ранней консолидации — интрагеоантиклинальным поднятиям, реже — к срединным массивам второго рода или к структурам поздней консолидации — интрагеосинклинальным и передовым прогибам.

Во многих районах мира месторождения вольфрама приурочены к осевым частям поднятий (горст-интрагеоантиклиналей) (Дугов, 1965 г.; Рундквист, 1968 г.; Малиновский, 1968 г.; Повилайтис, 1979 г.). В осевой части этих поднятий или вдоль ограничивающих их глубинных разломов, наблюдаются цепочки интрузивов и пояса месторождений вольфрама. Нередко такие интрагеосинклинали являются окраинноматериковыми и расположены над зонами Беньюфа. Большое совпадение с интрагеосинклиналями характерно для рудных поясов раннеорогенного этапа в сланцевых миогеосинклиналях. Позднеорогенные месторождения смещаются в зоны глубинных разломов, ограничивающих центральные поднятия, или геосинклинальные трюги. Местами рудные пояса и узлы ограничены участками наложения поперечных поднятий на интрагеоантиклинальные структуры. Если эти поднятия невелики, то вольфрамовое оруденение формационно однородно, а если велики, то минерализация разнородна. Симметричные двоярные вольфраморудные пояса возникали в случаях, когда их размещение не совпадало с первичным антиклинорным поднятием. В геосинклинально-складчатых системах клавишного строения каждое геоантиклинальное поднятие может нести рудную нагрузку.

В срединных массивах, появившихся в конце докембрия, встречаются в основном фанерозойские месторождения вольфрамовой формации грейзеновой группы, а в связи с интрузивными телами кайнозойских вулканоплутонических комплексов — штокверковые месторождения вольфраммолибденовой формации полевошпат-кварцевой группы.

Рудоносные провинции, приуроченные к срединным массивам, подразделяются, по Ф.И. Вольфсону и П.Д. Яковлеву, на типы:

1) активизированные обломки щитов, окруженные складчатыми сооруже-

ниями; 2) развитые в блоках древних интенсивно дислоцированных метаморфизованных пород, перекрытых маломощным чехлом слабодислоцированных осадков. Эти блоки окружены зонами развития более молодых слоистых толщ, интенсивно смятых в линейные складки. Магматизм в тектонических блоках проявлен относительно слабо и характеризуется выходами гранитоидов вдоль разломов. В складчатых зонах обрамления развиты не только интрузивные массивы, но и эффузивные образования, связанные с трещинными излияниями. Пример – Агинская плита. В выходах основания (Рт Е) могут быть выявлены стратиформные месторождения как докембрийские, так и фанерозойские. Отнесение Барун-Шивеек к докембрийским (Сагло, 1977 г.), судя по наличию в рудах минералов ртути (подобная ассоциация минералов для докембрийских месторождений – запрещенная), ошибочно.

Известны срединные массивы трех типов: 1) участки древних континентальных платформ, отчлененные ветвями геосинклинальных систем – остаточные массивы или микроплатформы; 2) возникшие внутри геосинклинальных областей в результате раннего проявления складчатости; 3) обломки зон ранней консолидации, нараставшиеся зонами консолидации в более позднюю складчатость, предшествующую заключительному этапу развития области. Нами выделены срединные массивы четвертого типа – обломки платформ, отчлененные в конечную стадию развития геосинклиналей передовыми прогибами. Можно выделить и пятый тип срединных массивов – участки щитов, отчлененные геосинклинальными системами.

Срединные массивы различаются по времени заложения, стадии развития отчленяемых и отчленяющих структур, по структурам основания, истории развития (во время складчатости и орогенеза подвергаются растяжению и дроблению, опусканию или воздыманию), мощности земной коры (20–50 км) и ее строению, по мощности и литологическому составу отложений чехла, наличию или отсутствию орогенных отложений, возрасту и литологическому составу отложений фундамента. Поэтому они различны по металлогеническому значению (А.Д. Щеглов и др.). Отложения верхнего этажа в них менее мощные и слабее нарушены, чем осадки в окружающих геосинклиналях. Магматизм интенсивный. Вулканыты и интрузивные образования обычно средние или кислые. Им соответствуют блоки земной коры с резким преобладанием гранитно-метаморфического или базальтового слоев.

В центральной части массивов с максимальной мощностью „гранитного слоя”, фиксируются малосульфидные, грейзеновые и кварц-вольфрамитовые месторождения и наиболее кислые граниты, в краевых частях – умеренно-кислые гранитоиды и мелкие малосульфидные месторождения вольфрамита. В некоторых срединных массивах (массивы второго рода) имеются существенные месторождения вольфрама, в других, это оруденение, если исключить докембрийское оруденение фундамента, отсутствует. Массивы первого рода не вмещают месторождений W, возможно в связи со значительной мощностью чехла, некоторые из них окружены вольфраморудными поясами. Массивы четвертого рода также бывают окружены поясами вольфрамового оруденения, в первом случае плутоногенного, во втором – вулканоплутоногенного. В них вольфрамовое оруденение встречается только в фундаменте.

К срединным массивам второго и третьего рода (массивы ранней консолидации), являющимся, по существу, блоками складчатых систем многоуровневой формы, к тем, в которых проявился гранитоидный магматизм и у которых достаточно мощный гранитно-метаморфический слой, к интрагеосинклиналям нередко приурочены месторождения вольфрама. Между интрагеосинклинальными поднятиями и внутренними массивами принципиальных различий нет, эти структуры различаются лишь по форме. Приуроченные к этим структурам рудные провинции имеют соответственно линейную и неправильную форму [36]<sup>1</sup>.

В центральных частях поднятий размещаются месторождения вольфрама, представленные кварцеворудными жилами и грейзенами, бедные сульфидами, в краевых частях — месторождения, руды которых обогащены сульфидами и бловом (Мейтув и др., 1971 г.). Но ряд важных, особенно шеелитовых месторождений, локализованы в прогибах, осложняющих поднятия, или находится в приподнятых блоках, осложняющих синклиналии.

### *Метаплатформенные области*

Роль метаплатформенных областей, выделенных Е.Е. Милановским, и особенно областей древнего и современного рифтогенеза, в размещении вольфраморудных формаций, их групп и ассоциаций в некоторых случаях несомненна.

Метаплатформенные области обычно включают два типа структур: (см. рис. 62): 1) авлакогеосинклинальные зоны — протяженные, но узкие линейные подвижные зоны; 2) более жесткие блоки (метаплатформенные массивы) различных размеров и формы, обладающие фундаментом, консолидированным в архее или нижнем протерозое. Первые составляют 25–50, вторые — 50–75% площади метаплатформенных областей.

Вольфрамоносными оказываются в одном случае авлакогеосинклинальные зоны (Скифско-Туранская), в других случаях — метаплатформенные массивы, среди которых имеются блоки древних платформ (Колорадо-Вайоминг) и молодых (эпикаледонская юго-восточного Китая и др.).

Размещение многих плутоногенных месторождений вольфрама пегматитовой, грейзеновой, скарноидной группы определяется положением авлакогеосинклиналей, заложенных еще в протерозое и пересекающих метаплатформы. Более важные плутоногенные месторождения находятся

<sup>1</sup> Укоренилось представление о преимущественной приуроченности месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы Западной Европы к срединным массивам — Иберийскому, Корнуэльскому, Центрально-Французскому, Чешскому. По данным В.Е. Хаина (1971), эти массивы не являются срединными. Они обособились при процессах ТМА Западно-Европейской эпигерцинской (по В.Е. Хайну) или даже древней (по М.В. Муратову) платформы. Месторождения вольфрама возникли на их территориях значительно раньше активизации в интрагеосинклиналях при орогенном режиме. Относить к срединному массиву альпид область развития месторождений эксгалиционно-осадочно-метаморфогенного класса (Гвалчрелидзе, 1972 г.) также, по-видимому, нецелесообразно. Эту структуру лучше называть во избежание терминологической путаницы интрагорст-геоантиклинальным поднятием в пределах альпийской геосинклинально-складчатой системы (или области).

на мысленных продолжениях авлакогеосинклиналей, уже в пределах геосинклинально-складчатых систем и в активизированных участках их рамы.

Большая часть, метаплатформенных областей находится под водами окраинных морей, соответствуя шельфам. В современных окраинных морях вольфрам накапливается в донных осадках (Охотское море). В последующем, как предполагают, на месте окраинных морей образуются рудные провинции терригенного типа, с преобладанием тонко- и мелкообломочных терригенных отложений.

По Е.Е. Милановскому, положение метаплатформенных областей по подвижности промежуточное между плитами древних платформ и эпи-геосинклинальными складчатыми областями. Такое положение наиболее благоприятно для образования вольфрамового оруденения: на платформах месторождения вольфрама приурочены к наиболее подвижным структурам, а в геосинклинально-складчатых областях – к наименее [54].

Поскольку авлакогеосинклинальные зоны и их краевые разломы могут контролировать месторождения различных рудных формаций, их групп и ассоциаций, эти структуры можно отнести к рудоконцентрирующим. Как и в геосинклинально-складчатых поясах, генетический тип определяется в значительной мере возрастом оруденения. На локализацию вольфраморудных формаций, их групп и ассоциаций влияют не только палеорифтовые структуры, но и системы глубинных нарушений – сквозных глубинных разломов и океанических поднятий. Размещение месторождений зависит от положения, ориентировки зон и систем сквозных нарушений различного возраста заложения (от R до KZ). При этом системы сквозных тектонических нарушений, заложенные еще в рифее, определили положение не только древних, но и кайнозойских месторождений.

Для наших целей важно знать не только положение авлакогеосинклинальных зон в структурах континентов, но и время завершения их активного развития, которое может измениться по простиранию зоны или в ее изгибах. Возраст активизации метаплатформенных областей желательно показывать на картах. Особое внимание должны привлечь участки, завершившие активное развитие в позднем мезозое (к сожалению, на карте Е.Е. Милановского разделения их на завершившие активное развитие в позднем мезозое и в кайнозое нет). Возможно нахождение месторождений вольфрама в Субарктических и Арктических областях, прилегающих к Евразии, значительная часть которых скрыта под водами окраинных морей. Не исключено, что метаплатформенные области, расположенные ближе к экватору, окажутся перспективнее на вольфрам, чем Субарктические и Арктические.

Рифтогенные структуры могут оказывать влияние на локализацию месторождений вольфрама (преимущественно по сравнению с оловом) и плутонической, и вулканоплутонической, и вулканической ассоциации. Особенно велика роль в локализации месторождений на континентах Гондванской группы, где все вольфраморудные провинции и месторождения находятся в самих метаплатформенных областях, либо на мысленных продолжениях авлакогеосинклинальных зон в пределах фанерозойских геосинклинально-орогенных систем. Поэтому можно предположить большую протяженность авлакогенов древних платформ во время их заложения.

Каковы возможные причины преимущественной приуроченности вольфрамового оруденения к метаплатформенным областям? Эти области заложены в основном в рифее, когда формировалась кора континентального типа. Тогда же на молодой континентальной коре начало формироваться и вольфрамовое оруденение. Строение этих областей неоднородное, границы метаплатформенных массивов с авлакогеосинклинальными зонами обладают, высокой проницаемостью для магм и рудоносных растворов, поступающих с больших глубин. Поэтому они и явились рудоконцентрирующими структурами.

Е.Е. Милановский выделяет по тектонической позиции следующие типы метаплатформенных областей: I. Между двумя древними платформами. II. Между древней платформой и смежными с ней геосинклинальными поясами неогей. Подтипы: 1) В виде прерывистой полосы разделяет геосинклинальный (позднее складчатый) пояс и платформу. 2) Приурочен к выступающим углам древних платформ, обрамляемым геосинклинальными (а позднее — складчатыми) поясами. 3) Игруют роль соединительного звена (или "моста"), связывающего обращенные навстречу друг другу выступы двух древних платформ. III. Группы сближенных остаточных срединных массивов и разделяющих их авлакогеосинклинальных складчатых зон. IV. Ряд обширных метаплатформенных областей, лежащих севернее Лавразийских платформ. Метаплатформенные области каждого из этих типов несут месторождения вольфрама (см. рис. 63).

Деление структур континентов на древние платформы, метаплатформенные области (в последних — метаплатформенных массивов и авлакогеосинклинальных зон), и эпигеосинклинально-складчатые пояса создает новый аспект изучения закономерностей размещения месторождений. Месторождения вольфрама, плутонические и вулканоплутонические, встречаются и в авлакогеосинклинальных зонах (Тырныауз в Скифско-Туранской зоне, Агылки — в Верхоянской, Иультин — в Чукотской, Джида — в Южно-Забайкальской) и в метаплатформенных массивах (плутоногенные месторождения, вулканоплутоногенные месторождения молибденвольфрамовой формации в Байкало-Витимском массиве, вулканогенные месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы в Южно-Китайском массиве. Пояса вулканоплутоногенных месторождений молибденвольфрамовой формации размещаются нередко вдоль оживленных границ во время кайнозойской ТМА метаплатформенных массивов (в западных штатах США).

Наличие в фундаменте древних платформ авлакогенов и их расположение влияет на размещение докембрийских плутоногенных месторождений (на Индостанской платформе), в бортах авлакогенов, на размещение месторождений сложного эманационно-осадочно-метаморфогенного происхождения (месторождения Приладожья — Латвасюр и др.). Размещение и ориентировка авлакогенов в фундаменте древних платформ влияет и на размещение плутоногенных месторождений в обрамляющих платформы складчатых системах (место рождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы Северо-Боливийского блока). На продолжении авлакогеосинклинальной зоны Сьерра-де-ла-Вентана в массиве Сьерра-Пампа располагаются плутоногенные месторождения молибденвольфрамовой формации скарновой группы.

В межкратонных авлакогеосинклинальных зонах в процессе последующей ТМА могут образоваться плутоногенные месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (плато Джос, Центрально-Африканская провинция).

### **Сравнение оруденения одной формации, расположенного на платформах и в геосинклинально-складчатых областях фанерозоя**

Наконец, интерес представляет сопоставление оруденения одной формации и одной группы формаций, расположенного в пределах древней платформы и геосинклинально-складчатых областей. Ранее нами проводилось такое сравнение на примере скарновых месторождений Северо-Американской платформы и прилегающей складчатой системы Кордильер [57, 74]. Здесь проведем такое сопоставление особенностей оруденения на примере месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации, удачное тем, что возраст его во всех рассмотренных случаях альпийский (Tr), таким образом из анализа исключаются месторождения, имеющие возрастные различия. Так, оруденение месторождений сурьмяно-вольфрамовой (с золотом) формации на территории, сложенной протерозойским геосинклинально-складчатым комплексом фундамента (щита) древних платформ, в отличие от аналогичного оруденения геосинклинально-складчатых систем, представлено жилами, а не оруденелыми зонами брекчирования, сопровождается зонами серицитизации и окварцевания, а не аргиллизации. Особенность этих жил — значительное протяжение на глубину (до 1200 м) и необычное соотношение протяжения по простиранию и на глубину (последнее в несколько раз превосходит первое).

В выступах архейского складчатого комплекса основания среди полигеосинклинали Кордильер Северной Америки имеется аналогичное по ассоциации ведущих металлов (исключая ртуть) оруденение в штокверковом теле, сужающемся к низу (по морфоструктурному типу рудных тел отличается от всех других месторождений сурьмяно- или золото-вольфрамовой формации).

Месторождение с той же ассоциацией металлов (W, Sb, Hg), но без золота, расположенное в Агинском срединном массиве, в выступе фундамента (PR), представлено в отличие от других, не только оруденелой зоной брекчирования, но и специфическими гнездами брекчии и вкрапленными рудами, приуроченными к определенным горизонтам.

### **Типы разломов, к которым приурочены вольфрамоворудные формации, их группы и ассоциации**

Месторождения вольфрама различной формационной принадлежности приурочены к глубинным, региональным и локальным разломам. Глубинные разломы, контролирующие размещение месторождений вольфрама, можно отнести к следующим типам:

1. Ограничивающие древние платформы. В зонах таких разломов место-

рождения формировались обычно в ходе орогенной ТМА. Вдоль разломов проходит пояс месторождений вольфрама различной формационной принадлежности (Южно-Алданский разлом).

2. Проходящие вдоль границ молодых платформ с геосинклинально-складчатými системами (Главный кавказский надвиг, в его лежащем боку проходит пояс вулканогенных месторождений сурьмяно-вольфрамовой формации Горной Рачи и Сванетии).
3. Ограничивающие микроконтиненты (пояс плутоногенных месторождений молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы в Центральном Казахстане).
4. Соответствующие сейсмофокальным зонам (зонам Беньюфа) (пояс плутоногенных месторождений оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы, проходящий вдоль восточной окраины Евразии).
5. Ограничивающие авлакогены на платформах (к такому разлому приурочено месторождение Латвасюр).
6. Поперечные секущие границы континент-океан (разделяющие Северо- и Южно-Боливийский блоки, к одному из них приурочено месторождение Вилоко; вулканоплутоногенные или вулканогенные месторождения западных штатов США).
7. Трансконтинентальные линейменты (Джида на линейменте, проходящем вдоль  $140^\circ$  в.д.; Рондония – плато Джос – Рудные Горы).
8. На скрещении разломов орто- и диагональной сети – Клаймакс, Гендерсон и др.
9. Ограничивающие интрагеоантиклинальные поднятия и интрагеосинклинальные прогибы.

Эти разломы можно подразделить и по глубинности:

- 1) разломы 4-го типа по В.И. Казанскому контролируют минерализацию в зонах калишпатитов (Суцано-Пержанская зона).
- 2) зоны расщепления. Шалгия-Караобинская, контролирующая месторождения Кара-Оба.

Типы региональных разломов, контролирующих размещение месторождений вольфрама: 1) продольные. Такой разлом контролирует размещение плутоногенных гюбнеритовых месторождений молибден-вольфрамовой формации мусковит-микроклиновой группы Среднего Урала; 2) поперечные. Контролируют размещение скарновых месторождений Приморья.

### **Деформационные структуры других типов, контролирующие размещение вольфрамоворудных формаций**

Для архея и частично протерозоя характерны гравитационные деформационные структуры – гнейсово-мигматитовые купола и межкупольные зоны, для фанерозоя и даже неогей – шовно-блоковые структуры. Для вольфрамового оруденения более благоприятны шовно-блоковые деформационные структуры, их низкоконтрастные комплексы, а особенно крутые зоны шовной складчатости (мезозона, метаморфизм зеленосланцевой фации) – Чукотка, Пиренеи, Сихотэ-Алинь, Юго-Восточный Китай – и крутые линейные метаморфические комплексы (катазона, метаморфизм

амфиболитовой фации реже высокотемпературные). Перспективны пологие структуры со слоевым кливажем мезозоны, метаморфизм зеленосланцевой фации. Из гравитационных структур мало перспективны гнейсово-мигматитовые купола и межкупольные зоны — катазона метаморфизма амфиболитовой фации и более высокотемпературных (Приладожье, Родезия и др.).

В Приладожье сходятся клином крутопадающая зона линейных метаморфических комплексов, пологая зона шовной складчатости, граница Русской плиты и щита, зажатые между гнейсово-мигматитовыми куполами и межкупольными зонами, и низкоконтрастные комплексы — пологие структуры со слоевым кливажем мезозоны метаморфизма зеленосланцевой фации (Юго-Восточный Китай), узлы сложного сочетания разных типов деформационных структур против клиновидных выступов древних платформ (Западное Забайкалье).

Ртутно- и сурьмяно-вольфрамовая формация нередко (Турция, Сахалин, Большой Кавказ) приурочена к зонам пологих деформационных структур — пологим зонам шовной складчатости или меланжа. Рудные провинции Чукотская и Иберийская, Уральская приурочены к горизонтальным изгибам крутопадающих зон шовной складчатости.

### **Влияние на размещение месторождений вольфрама симметрии и асимметрии земного шара**

Асимметрия Земли проявляется в различиях строения и развития северного и южного, восточного и западного полушарий.

1. *Асимметрия северного и южного полушарий.* Древние платформы южного полушария ("южного ряда") отличаются более высоким стоянием, их чехол менее мощный, роль морских отложений в нем меньше, чем на платформах северного ряда. В их фундаменте больше развиты пегматитовые месторождения вольфрама ( $Pr \in$ ), но возможно это следствие большего вскрытия эрозией их фундамента. Месторождения вольфрама скарноидной группы формаций здесь располагаются (за исключением залегающих в "формации" Пиривизи) только в регионах эвгеосинклинального режима развития. Они образовались в условиях раннекаледонской ТМА, но мелкие, на некоторых территориях (север Восточно-Бразильского щита) многочисленны. Месторождения молибден-вольфрамовой формации, за исключением мелких скарновых, пегматитовых и жильных грейзеновой группы формаций, отсутствуют.

Не только на древних платформах, но и на континентах южного полушария нет месторождений молибден-вольфрамовой формации кварц-кашлишпатовой группы ("вольфрам-молибденовой порфировой формации") и вообще существенных месторождений молибден-вольфрамовой формации. Это объясняется, по-видимому, отсутствием секущих рудных поясов. На этих платформах практически отсутствуют месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации или последние отличаются от месторождений, расположенных в северном полушарии, по возрасту оруденения и вмещающих пород. Древнейшее вольфрамовое оруденение мира, представленное

стратиформными залежами золото-сурьмяно-вольфрамовой формации скарноидной группы, приурочено только к древнейшему Родезийскому кратону.

На платформах ряда Гондваны нет месторождений, представленных некоторыми морфоструктурными типами рудных тел грибо- и аркоподобных штокверков (штокверки редки вообще), трубчатых тел и зон брекчирования. Такие типы рудных тел присущи только главнейшим глобальным подвижным поясам фанерозоя — Тихоокеанскому и Альпийско — Гималайскому (Евразийскому), характеризующимся повышенной проницаемостью земной коры для магм и рудоносных растворов. Они обычны для участков наложения зон мезо-кайнозойской ТМА на древние платформы Лавразии и геосинклинально-складчатые системы, заложенные на зрелой континентальной коре.

Для платформ Гондваны, как и вообще для докембрийских платформ, характерны многочисленные, рассредоточенные на большой площади, мелкие месторождения вольфрама. Обстановка тектоно-магматической протоактивизации и активизации фундамента устойчивых платформ южного полушария не способствовала формированию крупных и средних месторождений вольфрама. Фанерозойские процессы ТМА, наиболее продуктивные на W, на эти платформы, в отличие от древних платформ северного ряда, не наложились. Мезозойская и кайнозойская (альпийская) активизация охватила только эпикаледонскую Пампа-Патагонскую платформу (массив Сьерра-Пампа), очень небольшую и воздымавшуюся, по видимому, как единое целое со складчатой системой Анд, а не раскалывавшуюся, как платформы северного ряда, поэтому также не несущую вольфрамового оруденения указанного возраста. Герцинская ТМА проявилась в обрамлении Австралийской платформы — в складчатых системах Тасманского пояса, где с активизацией указанного возраста связан ряд мелких плутогенных месторождений вольфрама.

Древнейшее (AR) оруденение встречается в более древнем фундаменте (2,5 и более млрд. лет — 1,5 млрд. лет) платформ северного ряда. Это — стратиформное шеелитовое и молибдошеелитовое оруденение Балтийского щита, глыбы Вайоминг Северо-Американской платформы. Возможность обнаружения месторождений золото-вольфрамовой формации больше в более древних блоках фундамента платформ и особенно фундаменте Сибирской платформы, консолидированном раньше, чем у других древних платформ северного ряда.

Стратиформные месторождения сурьмяно- и молибден-вольфрамовой формаций, залегающие в черных сланцах, встречены только в северном полушарии — в фундаменте древних металлатформ (Колорадо-Вайоминг) и каледонском структурном этаже, осевых зонах Альпийских складчатых систем. Особенно перспективны на вольфрамовое оруденение платформы промежуточного ряда в участках, полвергшихся ТМА в мезо-кайнозой.

Таким образом перспективность на W древних платформ зависит от того, входят ли они в систему платформ Гондваны, Лавразии или промежуточного ряда, от возраста и типа их фундамента.

Распространенность геосинклинально-складчатых поясов того или иного возраста консолидации в северном и южном полушарии различны. В северном полушарии имеется значительно больше герцинских геосинклинально-

амфиболитовой фации реже высокотемпературные). Перспективны пологие структуры со слоевым кливажем мезозоны, метаморфизм зеленосланцевой фации. Из гравитационных структур мало перспективны гнейсово-мигматитовые купола и межкупольные зоны — катазона метаморфизма амфиболитовой фации и более высокотемпературных (Приладожье, Родезия и др.).

В Приладожье сходятся клином крутопадающая зона линейных метаморфических комплексов, пологая зона шовной складчатости, граница Русской плиты и щита, зажатые между гнейсово-мигматитовыми куполами и межкупольными зонами, и низкоконтрастные комплексы — пологие структуры со слоевым кливажем мезозоны метаморфизма зеленосланцевой фации (Юго-Восточный Китай), узлы сложного сочетания разных типов деформационных структур против клиновидных выступов древних платформ (Западное Забайкалье).

Ртутно- и сурьмяно-вольфрамовая формация нередко (Турция, Сахалин, Большой Кавказ) приурочена к зонам пологих деформационных структур — пологим зонам шовной складчатости или меланжа. Рудные провинции Чукотская и Иберийская, Уральская приурочены к горизонтальным изгибам крутопадающих зон шовной складчатости.

### **Влияние на размещение месторождений вольфрама симметрии и асимметрии земного шара**

Асимметрия Земли проявляется в различиях строения и развития северного и южного, восточного и западного полушарий.

1. *Асимметрия северного и южного полушарий.* Древние платформы южного полушария ("южного ряда") отличаются более высоким стоянием, их чехол менее мощный, роль морских отложений в нем меньше, чем на платформах северного ряда. В их фундаменте больше развиты пегматитовые месторождения вольфрама ( $Pr\in$ ), но возможно это следствие большего вскрытия эрозией их фундамента. Месторождения вольфрама скарноидной группы формаций здесь располагаются (за исключением залегающих в "формации" Пиривири) только в регионах эвгеосинклинального режима развития. Они образовались в условиях раннекаледонской ТМА, но мелкие, на некоторых территориях (север Восточно-Бразильского щита) многочисленны. Месторождения молибден-вольфрамовой формации, за исключением мелких скарновых, пегматитовых и жильных грейзеновой группы формаций, отсутствуют.

Не только на древних платформах, но и на континентах южного полушария нет месторождений молибден-вольфрамовой формации кварц-калишпатовой группы ("вольфрам-молибденовой порфировой формации") и вообще существенных месторождений молибден-вольфрамовой формации. Это объясняется, по-видимому, отсутствием секущих рудных поясов. На этих платформах практически отсутствуют месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации или последние отличаются от месторождений, расположенных в северном полушарии, по возрасту оруденения и вмещающих пород. Древнейшее вольфрамовое оруденение мира, представленное

стратиформными залежами золото-сурьмяно-вольфрамовой формации скарноидной группы, приурочено только к древнейшему Родезийскому кратону.

На платформах ряда Гондваны нет месторождений, представленных некоторыми морфоструктурными типами рудных тел грибо- и аркоподобных штокверков (штокверки редки вообще), трубчатых тел и зон брекчирования. Такие типы рудных тел присущи только главнейшим глобальным подвижным поясам фанерозоя – Тихоокеанскому и Альпийско – Гималайскому (Евразийскому), характеризующимся повышенной проницаемостью земной коры для магм и рудоносных растворов. Они обычны для участков наложения зон мезо-кайнозойской ТМА на древние платформы Лавразии и геосинклинально-складчатые системы, заложенные на зрелой континентальной коре.

Для платформ Гондваны, как и вообще для докембрийских платформ, характерны многочисленные, рассредоточенные на большой площади, мелкие месторождения вольфрама. Обстановка тектоно-магматической протоактивизации и активизации фундамента устойчивых платформ южного полушария не способствовала формированию крупных и средних месторождений вольфрама. Фанерозойские процессы ТМА, наиболее продуктивные на W, на эти платформы, в отличие от древних платформ северного ряда, не наложились. Мезозойская и кайнозойская (альпийская) активизация охватила только эпикаледонскую Пампа-Патагонскую платформу (массив Сьерра-Пампа), очень небольшую и воздымавшуюся, по видимому, как единое целое со складчатой системой Анд, а не раскалывавшуюся, как платформы северного ряда, поэтому также не несущую вольфрамового оруденения указанного возраста. Герцинская ТМА проявилась в обрамлении Австралийской платформы – в складчатых системах Тасманского пояса, где с активизацией указанного возраста связан ряд мелких плутогенных месторождений вольфрама.

Древнейшее (AR) оруденение встречается в более древнем фундаменте (2,5 и более млрд. лет – 1,5 млрд. лет) платформ северного ряда. Это – стратиформное шеелитовое и молибдошеелитовое оруденение Балтийского щита, глыбы Вайоминг Северо-Американской платформы. Возможность обнаружения месторождений золото-вольфрамовой формации больше в более древних блоках фундамента платформ и особенно фундаменте Сибирской платформы, консолидированном раньше, чем у других древних платформ северного ряда.

Стратиформные месторождения сурьмяно- и молибден-вольфрамовой формаций, залегающие в черных сланцах, встречены только в северном полушарии – в фундаменте древних метаплатформ (Колорадо-Вайоминг) и каледонском структурном этаже, осевых зонах Альпийских складчатых систем. Особенно перспективны на вольфрамовое оруденение платформы промежуточного ряда в участках, полвергшихся ТМА в мезо-кайнозое.

Таким образом перспективность на W древних платформ зависит от того, входят ли они в систему платформ Гондваны, Лавразии или промежуточного ряда, от возраста и типа их фундамента.

Распространенность геосинклинально-складчатых поясов того или иного возраста консолидации в северном и южном полушарии различны. В северном полушарии имеется значительно больше герцинских геосинклинально-

складчатых систем, расположен Урало-Монгольский большой подвижный пояс. Это определяет большую распространенность здесь герцинских плутоногенных месторождений вольфрама, дающих значительную часть мировых запасов  $WO_3$ .

Здесь расположено большинство значительных месторождений скарновой группы формаций, и они представлены более разнообразными формациями (молибден-, олово-, медно-, золото-вольфрамовой).

*Асимметрия западного и восточного полушарий* и западного и восточного секторов Тихоокеанского кольца отмечалась давно. К восточному полушарию относятся околотихоокеанские олово- и сереброносный пояса. С.С. Смирнов (1946 г.) и Гайлд (1972 г.) указали на концентрическое распределение металлов относительно Тихоокеанской впадины: меди и золота во Внутренней приокеанской зоне, олова и вольфрама во Внешней. Е.А. Радкевич [62] объясняет этот факт тем, что вблизи океана с уменьшением мощности сиалической коры и исчезновением "гранитного" слоя возрастает влияние мантии, более распространены ультрабазиты и базиты с сидерофильными (Fe, Ni, Co) и халькофильными (Cu) элементами; в удалении от океана, где "гранитный" слой приобретает большую мощность, проявлены кислые магматические породы и сопутствующие им месторождения литофильных элементов (Sn, W, Li, Be).

Е.А. Радкевич [7] показала эксцентричное положение медного кольца относительно границ океана (рис. 57). На рисунке эксцентрично положение и оловорудного пояса: внешняя (олово-вольфрамоворудная) зона в западном секторе Тихоокеанского кольца занимает окраинноматериковое положение и частично совпадает с меднорудной, а в восточной части кольца располагается только на континенте, в тыловой части меднорудной зоны. Поперечная асимметрия Тихоокеанского кольца проявляется в том, что с удалением от океана возрастает роль коровых гранитоидов. Во внутренней зоне соотношение  $^{87}Sr/^{86}Sr$  магматических пород, в том числе гранитоидов меньше 0,7055, во внешней — больше 0,7055.

В обрамлении Тихого океана имеет место и следующая планетарная и металлогеническая зональность. В самых жестких геоструктурах — на щитах, в зонах граничных разломов, разобщающих фанерозойские складчатые системы и древние платформы, реже — в срединных массивах или в окраинных частях этих структур, находящихся ближе к впадине океана, встречается вулканогенное оруденение (со ртутью или золотом) сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы. В самой периферической части циркумтихоокеанской зоны третичной ТМА, в западном секторе располагаются меловые или посленижнемеловые месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации, в восточном — только третичные месторождения золото-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы. Ближе к океанической впадине находятся плутоногенные и вулcano-плутоногенные месторождения вольфрама грейзеновой, скарновой и других групп.

Во внутренней зоне Тихоокеанского пояса (в Японии) располагаются вулcano-плутоногенные месторождения медно-вольфрамовой формации, характерные для эвгеосинклинальных зон, а также вулcano-плутоногенные и плутоногенные месторождения оловянно-вольфрамовой формации. В западной части пояса, когда на материке уже образовались месторождения, богатые сульфидами (граница J и K), на соседних островных дугах, еще

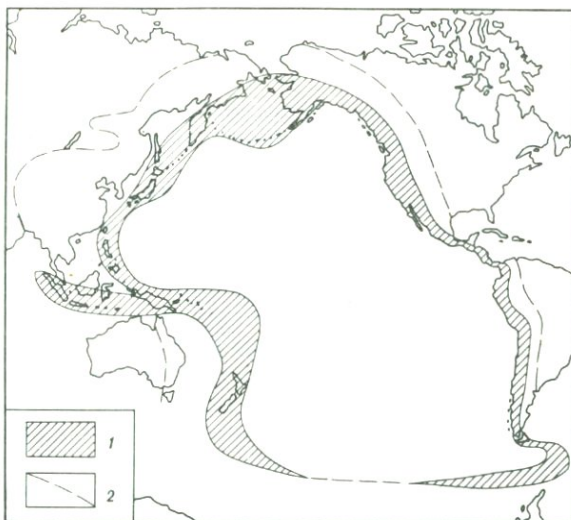


Рис. 57. Асимметричное положение медного (1) и оловянно-вольфрамового (2) поясов относительно Тихого океана, по Е.А. Радкевич

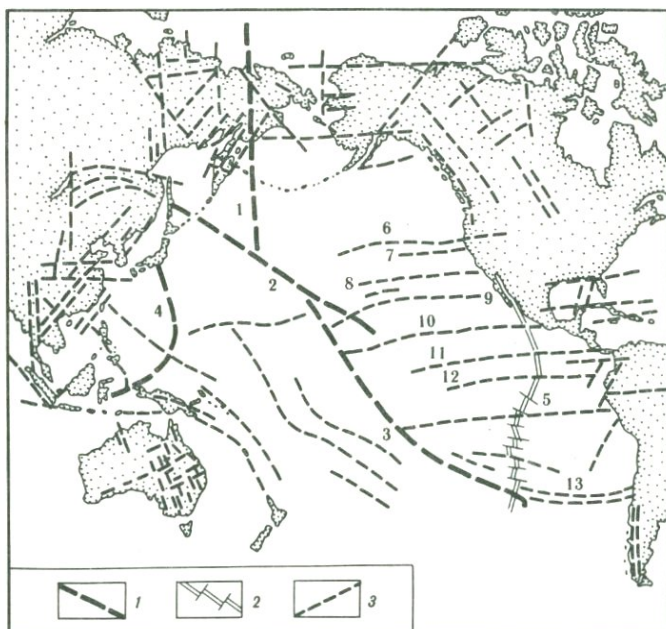


Рис. 58. Асимметричное положение разломов в пределах дна Тихого океана [63]  
 1 – зоны разломов: Ширшовская (1), Гавайская (2), Полинезийская (3), Бонинско-Ломоносовская (4); 2 – Восточно-Тихоокеанский хребет (5); 3 – трансформные разломы: Мендосино (6), Пайонир (7), Меррей (8), Молокаи (9), Клариян (10), Клиппертон (11), Галапагосский (12), Чилийский (13)

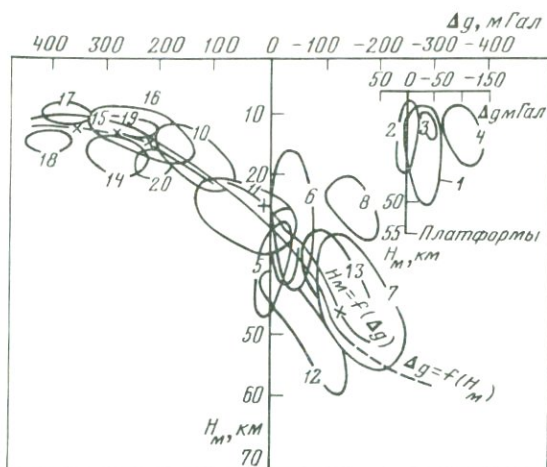


Рис. 59. Соотношения между глубинами залегания поверхности Мохо и главными структурными элементами океанов и материков

в верхнем меле формировались малосульфидные месторождения. Вулканогенное вольфрамовое оруденение рудного пояса, по-видимому, моложе вулcano-плутоногенного и плутоногенного.

В восточном обрамлении Тихоокеанского кольца месторождения молибден-вольфрамовой формации кварц-калишпатовой группы размещены там, где имеется зона эпиплатформенной линейной складчатости, рифтогенеза, гранитообразования. К западу от Скалистых гор выделена провинция олово-вольфрам-молибден-бериллиевых руд грейзенового типа, характерного для внешней зоны.

По И.А. Загзуриной, асимметрия проявилась в разной распространенности гранитоидов различных циклов. Гранитоиды с возрастом  $200 \pm 10$  млн. лет в западном секторе проявились интенсивнее, а гранитоиды с возрастом  $150 \pm 15$  млн. лет разнообразнее по составу, чем в восточном (здесь они повышенной основности). Гранитоиды с возрастом  $70 \pm 10$  млн. лет проявились в обоих секторах, но в западном с ними связано оруденение оловянно-вольфрамовой формации, а в восточном — медное, медно-молибденовое, железное и свинцово-цинковое. Бiotитовые и двуслюдяные граниты обычно тяготеют к континентальной части Азии, ближе к океану размещаются гранитоиды с существенной ролью среди темноцветных минералов роговой обманки. Субцелочные гранитоиды развиты в основном в западном секторе. Синхронный мезозойский магматизм секторов имеет различия. По И.А. Загзуриной, в Тихоокеанском кольце преобладали процессы выплавления магм из вещества верхней мантии. Гранитоиды, возникшие из палингенной, коровой магмы (с соотношением  ${}^87\text{Sr}/{}^86\text{Sr}$  0,7112–0,7184), заметную роль играют лишь в западном, азиатском секторе (хотя наряду с ними присутствуют и мантийные). В восточном секторе резко преобладают гранитоиды ( ${}^87\text{Sr}/{}^86\text{Sr}$  около 0,706) — мантийные или образовавшиеся при плавлении нижних частей "базальтового слоя" земной коры с участием ман-

тийных расплавов. С этим и связана, вероятно, повышенная вольфрамосодержательность западного сектора, где оруденение связано с более кислыми гранитами.

В восточном секторе вольфраморудные пояса субпараллельны окраине континента. В западном секторе такое положение имеют только вольфраморудный пояс Австралии, который М.В. Муратов не включает в Тихоокеанский пояс, пояса Японии, частично Приморья. На территории Азии ориентировка рудных поясов кососекущая относительно переходной зоны континент–океан. Рудные пояса протягиваются вдоль зон разломов, глубоко вдающихся в континент (Нанлинь, Монголо-Охотской, Чукотской).

В западном секторе максимальная ширина зоны кайнозойской ТМА в Тихоокеанском рудном поясе находится против участка, где максимальный размах получили антиклинали современной геосинклинали – островные дуги. Мощность земной коры в восточном секторе (до 70 км) больше, чем в западном. Островные дуги здесь отсутствуют.

Асимметрия проявляется и в ложе Тихого океана: в его северо-восточной части господствуют субширотные зоны глубинных разломов (рис. 58, 59), в юго-западной – такие разломы развиты слабо, но распространены плосковерхие вулканы – гойоты, которых нет в восточном секторе.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ, ИХ ГРУПП И АССОЦИАЦИЙ

---

Перед рассмотрением закономерностей размещения вольфраморудных формаций, их групп и ассоциаций в структурах земной коры осветим место вольфрамового оруденения в эволюции подвижных поясов (рис. 60, 61, вкл., 62 – 64).

### МЕСТО ВОЛЬФРАМОНОСНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ЭВОЛЮЦИИ МАГМАТИЗМА ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ

Вольфрамовое оруденение формировалось в геосинклинальный и орогенный этапы развития подвижных поясов в различные тектоно-магматические циклы. Суть геосинклинального развития заключается (по А.В. Пейве) в переходе океанической коры в континентальную с образованием калиевых гранитов. Проследим место вольфрамового оруденения на протяжении одного тектоно-магматического цикла (табл. 9).

### Вольфрамовое оруденение геосинклинального этапа

Геосинклинальный этап развивается в две стадии: 1) раннегеосинклинальную (инициальную, демиссионную) и 2) зрелую (частных инверсий, предорогенную). Вольфрамовое оруденение формируется во вторую стадию, но минерализация образуется и в инициальную стадию.

*Вольфрамовая минерализация инициальной стадии.* В начальную стадию геосинклинального этапа (называемую и океанической) возникают магматические формации толеитовой серии офиолитовой ассоциации: 1) толеитовых подушечных базальтов, 2) габброидов (толеитово-базальтовая недифференцированная), 3) габбро-плагιοгранитная [8]. Отнесение офиолитов к индикаторным формациям инициальной стадии геосинклинального этапа дискуссионно. Их относят и к догеосинклинальному этапу развития, и к аллохтонным образованиям, внедряющимся на различных (в том числе орогенном) этапах развития земной коры. В связи с формациями толеитовых подушечных базальтов и габброидов (толеитово-базальтовая недифференцированная формация), в начальный геосинклинальный этап, которому предположительно соответствуют срединно-океанические поднятия – зоны спрединга, месторождения вольфрама не образуются, хотя содержания W в эффузивах срединно-океанических хребтов могут превышать кларко-

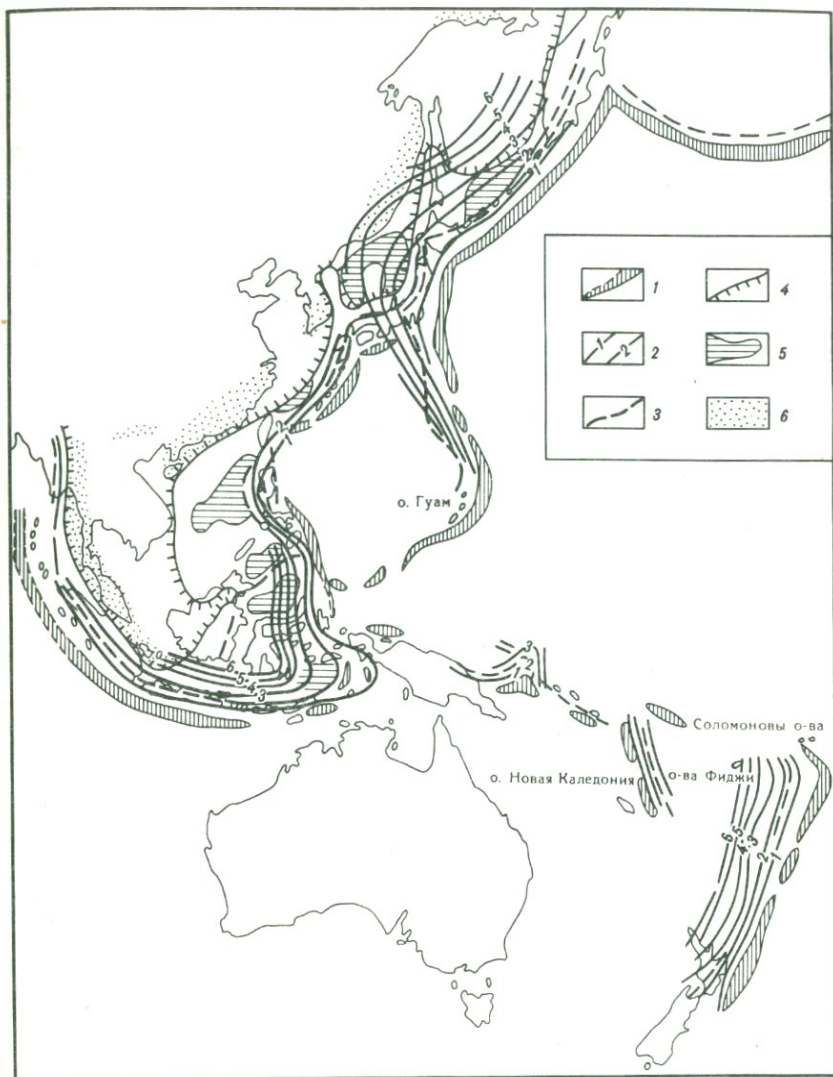


Рис. 62. Положение вольфраморудных провинций (показаны точками и штриховкой) относительно зон Беньофа (показаны линиями) в пределах восточной Азии. С использованием материалов Нишиваки, 1974 г.

1 – глубоководные желоба, 2 – глубина зоны Беньофа (в сотнях километров), 3 – разломы, 4 – граница коры континентального типа, 5 – внутренние моря, 6 – области распространения месторождений вольфрама, преимущественно плутогенных жильных оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы

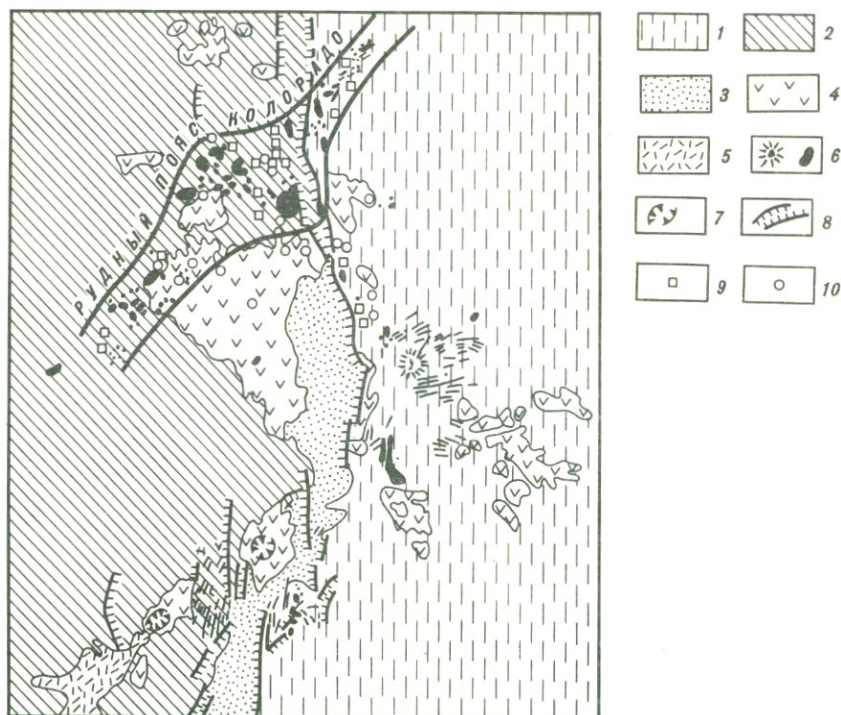


Рис. 63. Положение рудного пояса Колорадо относительно Северо-Американской платформы, метаплатформы Колорадо и рифтовой зоны Рио-Гранде, по Ф. Кингу (1961), Ю.М. Шейнману (1958 г.), с дополнениями и изменениями по Е.Е. Милановскому (1983 г.)

1 – Северо-Американская платформа; 2 – метаплатформа Колорадо; 3 – континентальные отложения рифтовой зоны Рио-Гранде (KZ); 4 – эффузивы (KZ); 5 – эффузивы ( $Q_1$ ); 6 – дайки, штоки и другие интрузивные тела (KZ); 7 – вулканы ( $Q_1$ ); 8 – разломы; 9 – месторождения ( $P_2$ ); 10 – месторождения ( $N_2$ )

вые (по В.К. Денисенко). Содержание W в архейских основных эффузивах могут превышать, по И.Н. Говорову, соответствующий кларк, но и здесь месторождений не образовалось.

*Вольфрамовое оруденение зрелой (предорогенной) стадии.* Индикаторными магматическими формациями этой стадии (океанически-континентальный этап) О.А. Богатиков и др. также считают толеитово-базальтовую недифференцированную и габбро-плагиогранитную формации. Но любая формация может быть индикаторной лишь в том случае, если присуща одной стадии, поэтому мы относим обе названные формации к индикаторным для геосинклинального этапа в целом.

Индикаторными для зрелой стадии развития геосинклиналией являются дифференцированные или непрерывные базальт-андезит-дацит-липаритовая, базальт-андезит-базальтовая и андезит-риолитовая формации известково-щелочной серии, сопровождающиеся граувакковыми комплексами [8]. Отмечается, что такая смена характерна для многих "энсиматических" структурно-формационных зон складчатых областей. На этой стадии,



Рис. 64. Геологическая карта и разрез территории региона Ледвиль, Колорадо, по О. Твето, 1972 г., с упрощением

1 — озера, 2 — осадочные и ледниковые отложения, 3 — вулканические породы (Tr), 4 — интрузивные породы, 5 — осадочные породы, 7 — граниты, 8 — метасадочные породы, 9 — разломы, 10 — месторождение Клаймакс

Таблица 9

Место вольфрамоворудных формаций, их групп и ассоциаций в истории развития подвижных поясов

Этапы развития подвижных поясов	Стадии развития	Синхронные магматические комплексы		Генетический тип	Генетическая группа формаций	Рудная формация	Промышленная значимость	Примеры				
				месторождений					месторождений			
1	2	3		4	5	6	7	8				
Геосинклинальный	Зрелой геосинклинали	Вулканические спилит-диабазовой формации		Гидротермальный	Пропилитовая	Au-W	Мелкие жильные (редки)	Без названия (Ю. Африка)				
		Плутонические габбро-плагиогранитной формации			Березит-лиственитовая	Au-W	Мелкие жильные	Поркюпайн (Канада)				
Орогенный и дейтеро-орогенный	Ранне-орогенная	Связаны с региональным метаморфизмом, обычно синхронным плутонической гранодиорит-гранитной формации, граносиенит-гранитные тоналит-гранодиоритовой формации	Натровый ряд	Осадочно-метаморфогенный (индуцированный магматизмом)	Скарноидная	Sb-Au-W	Мелкие, стратиформные	Без названия (Ю. Африка)				
						Mo-W		Тэриэлл Спрингс (США)				
					Кварцитовая	Mo-W	Иногда крупные, стратиформные	Фельбертал (Восточные Альпы)				
						W	Непромышленные, жильные	Рудопроявления в Альпах				
Орогенный и дейтеро-орогенный	Орогенная и активизации I этапа	Плутонические	граносиенит-гранитные тоналит-	Калиевый ряд	Гидротермальный	Гумбеитовая	Au-W	Мелкие жильные или крупные штокверковые	Некоторые месторождения Урала			
						Скарновая	Mo-W	Мелкие до	Милл Сити			
То же	Орогенная и активизация первого этапа	Плутонические	гранодиоритовой формации	Калиевый ряд	Магматический	Гранитовая <sup>2</sup>	Sn-W	крупных, метасоматические залежи	(США) Майхура (СССР)			
						гранодиорит-гранитной формации	Магматически-постмагматический	Гранитовая <sup>2</sup>	Sn-W	Мелкие пластообразные	Поттитерсрус (ЮАР)	
								Пегматитовая	Sn-W	Мелкие жильные	Сильверх Хиил (США)	
						Гранитной и гранодиорит-гранитной формации	Гидротермальный	Грейзеновая	Sn-W	Мелкие до крупных, жильные	Ореана (США)	
								Мусковит-полевошпатовая <sup>3</sup>	Mo-W		Панашкейра (Португалия)	
						Гранитной формации	Калиевый ряд	Магматический	Лукзульянитовая <sup>4</sup>	Sn-W	Мелкие?	Спокойненское (СССР)
									Скарновая	Mo-W	Мелкие до крупных	Юго-Коневское (Урал)
						Вулкано-плутонические кислого и среднего состава	Калиевый ряд	Магматический	Лукзульянитовая <sup>4</sup>	Sn-W	Мелкие <sup>7</sup>	Илнтас (СССР)
									Порфирировая <sup>5</sup>	Mo-W	Мелкие до средних	Тырныауз (СССР)
										Ag-Sn		Фестивальное (СССР)
				Березитовая <sup>6</sup>	W	Крупные штокверковые	Лялягуа (Боливия)	Ляньхуашань (КНР)				

Таблица 9 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	
Орогенный в дейтероорогенный <sup>1</sup>	Позднеорогенная (в основном — активизации второго этапа)	Вулканические основного, среднего и кислого состава	Гидротермальный	Пропилитовая	W—Au	Мелкие жильные	Рэд Роуз (США)	
				Аргиллитовая	Au—Sb—W	Мелкие жильные	Бая Сприе (СРР)	
		Отдаленная связь с финальным вулканизмом основного состава	Отсутствуют	Осадочный	Риолитовая	W—Sn	Мелкие (оруденные зоны брекчии)	Иеллоу пайн (США)
					W—содержащих гидрокислов железа и марганца	Fe—Mn	Непромышленные, жильные	Без названия (Мексика)
					Галогенная	Li—W	Мелкие, линзовидные залежи	Голконда (США)
Россыпная	Sn—W	Крупные, рапа озера	оз. Серлс (США)					
					W	Мелкие	Атолия (США)	

Примечание. 1 — под термином дейтероорогенный этап подразумеваются этапы эпиорогенной и эпиплатформенной тектоно-магматической активизации. 2 — включает единичные месторождения, в которых пласто- и линзовидные участки неизмененных гранитов отличаются промышленными содержаниями аксессуарных вольфрамита или шеелита. 3 — возможно, мусковит-калишпатовая группа является глубинной фазией грейзеновой группы. 4 — называется также "кварц-турмалин-хлоритовой", "касситерит-силикатной". 5 — возможный аналог грейзеновой группы плутонической ассоциации. 6 — возможно, в дальнейшем будет подразделена на две группы: березит-лиственитовую и серицит-кварцевых метасоматитов. 7 — промышленная значимость указана только для вольфрамового оруденения.

по-видимому, возможно накопление W в глубоководных осадках окраинных морей в связи с дифференцированной или непрерывной базальт-андезит-дацит-липаритовой формацией, образование которой связано с вовлечением в магматический процесс гранитно-метаморфического слоя земной коры. Содержания W повышены в осадках краевых морей (Охотского моря) – тектонических структур, соответствующих, по А.В. Пейве, зрелой (островодужной) стадии развития геосинклинали. В смежных островных дугах в это время формируются дифференцированные серии эффузивов.

С теми же магматическими формациями, возможно, отдаленно связаны стратиформные скарновые (скарноидные) шеелитовые месторождения золото-сурьмяно-вольфрамовой формации Родезийского кратона. Интересно, что в их рудах, как и рудах других докембрийских месторождений, по данным В.А. Кузнецова, отсутствуют минералы ртути, характерные для многих сурьмяно-вольфрамовых месторождений кайнозоя. Возможно, что – это оруденение осадочно-метаморфогенное, но источник рудного вещества основная магма.

На этой стадии развития геосинклиналей могут образовываться и редкие мелкие вулканогенные жильные шеелитовые месторождения золото-вольфрамовой формации пропилитовой группы. С плутонами пород габбро-плагиогранитной формации, образующимися в обстановке частных инверсий геосинклиналей, связаны небольшие месторождения золото-вольфрамовой формации березит-лиственитовой группы, распространенные в зеленокаменных поясах Канадского щита, Родезийского кратона и др.

### **Вольфрамовое оруденение орогенного этапа развития эпигеосинклинальных подвижных областей**

Орогенный этап включает ранне- или синорогенную и собственно орогенную (субсеквентную) стадии, соответствующие континентальному этапу развития складчатой области. Этот этап, в отличие от геосинклинального, характеризуется развитием калиевых (а не натровых) гранитов.

*Вольфрамовое оруденение раннеорогенной (синорогенной) стадии.* Индикаторными магматическими формациями этой стадии являются плагиогранит-мигматитовая, гранодиорит-гранитная и гранит-мигматитовая формации [8]. Здесь выделяют ранние гнейсовые гранитоиды и гнейсы, а также позднеорогенные гранитоиды палингенно-анатектического происхождения. С магматическими процессами связаны метаморфизм (амфиболитовая фация) и метасоматоз (гранитизация). С гранодиорит-гранитной магматической формацией связана скарновая группа рудных формаций. В эту стадию окончательно формируются стратиформные месторождения молибден-вольфрамовой формации осадочно-метаморфогенного класса. Они присущи выступам фундамента (AR, PR, PZ), в геосинклинально-складчатых областях и на молодых платформах. Вольфрамовое оруденение представлено шеелитом и молибдошеелитом. Первичные накопления вольфрама, предшествовавшие образованию руд, возникли, по предположению Р. Хелля в осадках окраинного моря. В шеелито-кварцевых жилах иногда

проявлен процесс обогащения вольфрамовых руд в ходе региональных процессов метаморфизма и метасоматоза, укрупнения зерен и исчезновения в них изоморфной примеси молибдена.

*Вольфрамовое оруденение собственно орогенной (субсеквентной) стадии.* Магматизм этой стадии представлен магматическими формациями вулcano-плутонических ассоциаций известково-щелочной серии (андезит-риолитовой, гранодиорит-гранитной, габбро-гранитной, контрастной базальт-трахилипаритовой и формации Li-F гранитов и онгонитов), а также щелочной серии (формации трахиандезитовая, трахилипаритовая, щелочно-базальтовая, щелочно-гранитная, контрастная базальт-трахилипарит-комендитовая, нефелиновых и псевдолейцитовых сиенитов).

На этой стадии образуются месторождения оловянно-вольфрамовой формации грейзеновой группы (Li-F и стандартного геохимических типов), молибден-вольфрамовой формации грейзеновой группы. Обе формации могут встречаться в наложенных приразломных вулканогенных и вулканогенно-осадочных прогибах. С андезит-риолитовой формацией связаны вулканоплутоногенные месторождения полиметаллически-вольфрамовой формации (Сан-Кристобаль в Боливии, некоторые месторождения Японии).

Орогенный режим может проявиться не только в геосинклинально-складчатых системах, но и на платформах (области орогенной ТМА). В таких случаях оруденение может ассоциировать с теми же магматическими формациями, что и в геосинклинально-складчатых системах, но масштабы месторождений больше [86], повышена роль месторождений молибден-вольфрамовой формации кварц-каллишпатовой группы, часто совмещено оруденение разных групп формаций (например, скарновой и грейзеновой). Установлен случай ассоциации вольфрамового (тунгстенистого) оруденения орогенного этапа с серпентинитами (неоген-плейстоценовое месторождение Тамватней в Якутии). Эти серпентиниты (и оруденение) сформированы в этап ТМА в особой обстановке повышенной внутриконтинентальной геодинамической активности.

Целесообразно подразделять в орогенный этап последовательно может образоваться плутоногенное, вулканоплутоногенное и затем вулканогенное оруденение. Соответствующие рудные ассоциации проявляются при различном геодинамическом режиме (первое – при медленном воздымании территорий, второе и третье – в условиях быстрого воздымания) они могут быть территориально разобщены или совмещаться в пределах одной провинции.

### Ассоциации рудных формаций

Размещение месторождений плутонической ассоциации определяется структурами земной коры континентального типа. Месторождения встречаются в структурах различных типов – на древних платформах лавразийской и гондванской групп, в их складчатом обрамлении и в областях ТМА.

Рудные пояса протяженные, обычно в сотни, иногда в несколько тысяч километров (Бирманско-Малайский пояс). Они согласны с простираением геосинклинально-складчатых систем, часто приурочены к наращиваемым краям континентов (располагаются над современными или древними зона-

ми Беньофа, (рис. 62) на расстоянии от них: оловянно-вольфрамовая формация – в 500–600 км, золото-вольфрамовая – в 200–300 км) и областям ранних этапов орогенной гранитоидной ТМА. Иногда они находятся на продолжениях авлакогенов соседних древних платформ. Так, третичная плутоническая провинция Северной Боливии находится на продолжении авлакогена Чикитос, локализованного на границе Южно-Американской платформы и соседней метаплатформы. Месторождения встречаются и вдоль линеаментов (например, линеамента плато Джос–Рудные Горы, намеченого М.С. Фаворской с сотрудниками), вдоль зон гравитационных минимумов (Корнуэлл).

В складчатых областях оруденение приурочено к тектоническим элементам, заложенным в ранние стадии развития геосинклинальных систем. Вольфрамитовое оруденение присуще положительным (с ранним воздыманием) структурам – срединным массивам (Спокойненское, Забайкалье), интрагеоантиклинальным поднятиям (Малайзия), а в их пределах – к поперечным поднятиям (Урал), где контролируется продольными региональными разломами. Шеелитовое оруденение находится не только в этих структурах, но и в интрагеосинклинальных прогибах. Оруденение распространено также в области ТМА молодых (эпикаледонских, эпигерцинских) платформ. Размещение месторождений оловянно-вольфрамовой формации в выступах или поднятиях фундамента молодых (эпигерцинских) платформ полосчатое с преобладанием вольфрамовых или оловянных грейзеновой или скарновой групп, причем вольфрам появляется в месторождениях, расположенных на пересечениях поднятий полосами сгущения месторождений, в узлах пересечений оруденелых полос разных направлений. Они образовались, как и в ряде других герцинских складчатых систем (Урал, Калба), в условиях замыкания геосинклиналей и в обстановке орогенной гранитоидной ТМА ранних этапов – докембрийской (начиная с протерозоя), палеозойской, особенно верхнепалеозойской (Центральный Казахстан), мезозойской (эпикаледонская платформа Юго-Восточного Китая) и кайнозойской (Северная Боливия).

Наиболее перспективны на W верхнепалеозойские и верхнемезозойские месторождения.

Месторождения находятся в участках земной коры повышенной мощности (40–70 км в Северной Боливии, Восточной Австралии), иногда пониженной (в Африке, Приморье, Иберийской Месете – лишь 30 км, а на Японской островной дуге – порядка 12 км). Гидротермально-магматические системы залегают обычно на платформах (в фундаменте, где относительная роль этой ассоциации особенно велика, реже и только на молодых платформах – в чехле) и в складчатых областях их обрамления – в фундаменте, геосинклинальном (от PR до MZ, чаще – PZ и MZ, по границам структурных этажей или подэтажей или их блоков) и орогенном этажах – и в зонах орогенной гранитоидной ТМА складчатых областей и платформ – также в фундаменте или орогенном этаже.

В плане рудные пояса следуют поясам плутонов, сложенных породами известково-щелочной серии, габбро-плагиогранитной, габбро-гранитной (габбро-гранодиориты, кварцевые диориты, адамеллиты, граниты), монцогранитной, гранит-лейкогранитной формаций (граниты стандартного, редко литий-фтористого геохимического типа). Граниты, с которыми ассо-

цирует оруденение, – коровые (S-граниты), но в ряде регионов (Сьерра-Невада) содержат примесь мантийного вещества.

Интрузивные тела – это субгоризонтальные пласто- и караваяобразные залежи, редко акмолиты или гарполиты, часто согласные, локализованные между структурными этажами – фундаментом и геосинклинальным или орогенным этажом (Центральный Казахстан) или между двумя последними (Рудные Горы). Мощность плутонов 2,7–20 км, площадь – до 27000 км<sup>2</sup>. Вольфрамовое оруденение связано с более кислыми разновидностями гранитов, относящимися к более поздним фазам магматических комплексов (над зонами Беньофа они часто приурочены к контактам плутонов, более удаленным от границ континентов). Оруденение находится в эндо- и экзоконтактах, в надинтрузивных зонах плутонов, вблизи их более пологих контактов, всегда в пределах зон контактового метаморфизма. Оно контролируется осложнениями поверхности плутонов (куполо-, штоко-, гребневидными выступами, логообразными понижениями), зонами пластического течения пород, контракционными полостями и трещинами отрыва, реже – трещинами скола, определяющими положение и ориентировку контактов плутонов, их апикальных выступов, подводящих каналов магмы.

Рудные поля локализованы в местах проявления пликативных дислокаций – изгибов складчатых толщ в плане (Иульгин, Чукотка; Богуты, Заилийский Алатау и т.д.) или в вертикальном сечении (в Калба-Нарыме), дайковых поясов (Байназар, Центральный Казахстан), расщепления складок (Тенжергин, Чукотка), изгибах или скрещении разломов (Урзарсай, Горный Алтай). На орогенных сводах это оруденение обычно располагается в осевых и центральных частях.

Вулкано-плутоническая ассоциация развита в Тихоокеанском и Альпийско-Гималайском подвижных поясах, где в мезо- и кайнозой была повышенной проницаемостью земной коры для базальтоидных и андезитовых магм. Размещение ее определяется структурами верхней мантии (до глубины ~ 30 км). Месторождения образуют рудные пояса по границам древних платформ с молодыми (юго-восточная граница Сибирской платформы) или тех и других со складчатыми системами (Ценское, Кавказ), оконтуривают архейские глыбы фундамента метаплатформ. Например, такой пояс окружает метаплатформу Колорадо-Вайоминг, локализованную между складчатой системой Кордильер и Северо-Американской платформой, оруденение образовалось в условиях ТМА (KZ) в зоне наведенного континентального эпигорогенного и эпиплатформенного рифтинга – на простирании рифтовой зоны Восточно-Тихоокеанского поднятия (между 108° и 118° западными долготами). Они встречаются на простирании и других линейных океанических поднятий, разделяющих океанические плиты. Так, рудный узел месторождений Паста-Буэно, Касапалка и др. (Перу) находится в интрагеоантиклинали на простирании асейсмичного линейного океанического поднятия Наска. На рис. 63 дан рудный пояс Колорадо.

Месторождения молибден-вольфрамовой формации Джидинского рудного узла в Западном Забайкалье расположены в зоне мезозойского эпигорогенного рифтинга (к зародышам рифтов здесь относят впадины гусиноозерского типа). Эти месторождения расположены в изгибе складчатой системы против клиновидных выступов древних платформ. Месторождения

рождение Тырнауз находится на продолжении Восточно-Африканской рифтовой зоны (по Е.Е. Милановскому). Система глубинных разломов, секущих переходную зону Тихий океан — континент Южной Америки в районе огибания геосинклиналино-складчатой системой Анд клиновидного выступа океанической плиты, влияет на размещение W-содержащих месторождений оловянно-серебряной формации кварц-турмалин-хлоритовой группы ("лукузьянитовой") (Лялягуа) и кварц-серицитовой (Потоси) группы.

Продольные рудные пояса изредка встречаются по границам океанических плит — на островных дугах с относительно мощной сиалической корой (Японская дуга), в которых W сопутствует главному оруденению медно-оловянной формации.

Характерна локализация месторождений вдоль и на скрещении глубинных разломов орто- и диагональной регматической сети мантийного заложения — согласных, разграничивающих древние и молодые платформы, платформы и геосинклиналино-складчатые системы (Тырнауз; см. с. 52), структурно-формационные зоны в фанерозойском складчатом обрамлении древних платформ (вдоль границ Джидинского синклиория, Западное Забайкалье), срединные массивы (Бая Сприе, Икар) или в поперечных разломах на активизированных в мезо- или кайнозойских зонах ТМА Северо-Американской платформы и позднекаледонской или раннегерцинской складчатости Боливии.

Месторождения находятся в областях резкого тектонического рельефа, часто в районах сравнительно неглубокого залегания фундамента древних платформ и их складчатого обрамления, в областях как повышенной мощности земной коры (в Южной Боливии 50 км), так и пониженной (в Приморье 30 км), некоторые (Клаймакс) приурочены к участку значительного локального возрастания мощности земной коры.

Оруденение встречается вблизи штоков, непротяженных даек, редко этмолитов или неков пород кислого и среднего состава и в них (рис. 64). Скарново-грейзеновое оруденение связано с габбро-монцитовой магмой (в Приморье). Оруденение молибден-вольфрамовой формации этой и грейзеновой (?) групп связано с кислыми дифференциатами базальтоидной магмы (Клаймакс, Гендерсон, Айрон-Маунтин) или умеренно-кислыми (оловянно-вольфрамовая формация серицит-кварцевой и кварц-турмалин-хлоритовой групп Южной Боливии). По мнению некоторых ученых, источник рудоносной гранитной магмы — мантия, что согласуется с нашим выводом о приуроченности месторождений к разломам, уходящим глубоко (на первые сотни километров) в мантию. Так, поперечное меридиональное нарушение складчатой системы Большого Кавказа, находящееся на продолжении Восточно-Африканской рифтовой зоны и контролирующее месторождение Тырнауз, прослеживается не только на поверхности (зона разломов, по Ю.С. Бородаеву), но и на глубинах 100 км (данные Ю.Е. Рыцка, А.В. Осинского). Месторождения изредка формировались в нижнем палеозое (Шалгия, абс. возраст 410 млн. лет, наши данные), чаще — в мезозое и особенно часто — в кайнозое (34—17 млн. лет в западных штатах США). В последнем случае оруденение формировалось на фоне третичного рифтогенеза, позже завершения (40 млн. лет назад) предполагаемого

надвигания Северо-Американского континента на Восточно-Тихоокеанское поднятие.

Вулканическая ассоциация, как и вулcano-плутоническая, на древних платформах, и даже на всей территории праматериков Гондвана и Лавразия отсутствует. Она развита лишь в двух крупнейших глобальных подвижных поясах – Тихоокеанском и Альпийско-Гималайском (Средиземноморском). Оруденение имеется лишь в областях проявления поздних этапов (базальтоидной) ТМА древних платформ и геосинклинально-складчатых областей. Нередко месторождения сосредоточены в коротких (первые десятки километров) рудных поясах – продольных, параллельных линейаментам, ограничивающим древние и молодые платформы. Они протягиваются, сохраняя (например, в Боливии) характер оруденения, независимо от поперечно-блокового строения и наличия продольных структурно-формационных зон геосинклинально-складчатых систем, иногда приурочены к крупнейшим глубинным разломам, разобщающим разновозрастные складчатые системы (Горно-Рачинский пояс) или трансконтинентальным линейаментам, пересекающим и смещающим переходные зоны континент – океан (пояс Боулдер на продолжении на континенте трансформного разлома Мендосино).

Это оруденение приурочено к структурам более глубинного заложения, чем плутоногенное и вулcano-плутоногенное, может встречаться вне ореолов развития магматических пород и ореолов контактового метаморфизма, в пределах мелких складок, нарушенных разломами, оперяющимися крупные глубинные разломы, в их опущенных крыльях. Оруденение ассоциируется с субэвральными кислыми вулканитами альпийского орогенного этажа и с субвулканическими телами жильного типа, с протяженными дайкоподобными интрузивными телами – корневыми частями субэвральных лавовых покровов – вулканитов финальной (KZ) стадии развития фанерозойских геосинклинально-складчатых областей и областей ТМА платформ. Для субэвральных покровов характерен риолитовый, андезит-дацитовый состав синхронных оруденению вулканитов риолит-базальтовой формации.

Размещение месторождений определяется зонами и элементами пликативных и дизъюнктивных нарушений и зависит, как и интенсивность оруденения, от глубины залегания и блокового строения фундамента геосинклинально-складчатых областей и областей ТМА поздних этапов, в частности древних платформ.

Месторождения встречаются во всех продольных зонах Тихоокеанского кольца, но крупнейшие из них (золото- и сурьмяно-вольфрамовой формации аргиллизитовой группы) – в выделенной нами третьей – самой периферической зоне кольца – в областях мезо- и кайнозойской орогенной базальтоидной ТМА древних платформ (антеклизы Цзяннаня на Южно-Китайской платформе, периплатформенного прогиба Денвер на Северо-Американской платформе). Месторождения редко образуются на островодужной стадии развития материковой коры, почему слабо проявлены на островных дугах (рудопроявления встречены лишь на о-ве Сахалин).

Оруденение приурочено к тектоническим структурам и блокам разной степени консолидации и разных типов – средним массивам Анатолийскому (Гюмюслер), Агинскому (Барун-Шивея), интрагеоантиклиналям (Боливийский и Калифорнийско-Невадский рудные пояса) или к ограни-

живающим их глубинным разломам (Горно-Рачинский пояс), активизированным выступам фундамента в периплатформенных прогибах (пояс Боулдер в прогибе Денвер). Оно расположено не только над зонами Беньофа (Атолия в Кордильерах США), но и под предполагаемыми палеозонами Беньофа (Сагеби и др. в лежащем крыле Глазного Кавказского надвига). Они всегда (за исключением месторождения Барун-Шивея) локализованы на территориях, подвергшихся быстрому воздыманию в кайнозое и имеющих резкий тектонический и гипсометрический (отмечено Ф.Я. Корытовым) рельеф.

Оруденение встречается во всех структурных (чаще – в геосинклинальных) этажах, в складчатых комплексах, начиная от катархейского (в отложениях "формации" Булавайо) и вплоть до альпийского, в рудных провинциях разных типов. В чехле платформ крупных концентраций не дает. Кайнозойское оруденение золото-вольфрамовой формации, развитое в фундаменте плиты Северо-Американской платформы, и оруденение антеклизы Цзяннаня размещено, в отличие от докембрийского, в областях протерозойской, а не архейской консолидации.

\* \* \*

Проявлена следующая тенденция смены ассоциаций во времени: плутоническая – вулканоплутоническая – вулканическая. В отдельных регионах такая смена осуществлялась в течение одного тектоно-магматического цикла (в подвижном поясе Кордильер Северной Америки – альпийского). Длительность формирования рудоносных магматических комплексов в этом ряду уменьшается по мере ускорения воздымания структур земной коры, изменяется и геодинамический режим. Относительная роль каждой ассоциации формаций меняется от континента к континенту и на протяжении истории развития Земли. В догерцинское и герцинское время резко преобладала плутоническая ассоциация формаций, причем в стадию частных инверсий развития геосинклиналей формировалось оруденение золото-вольфрамовой формации березитовой группы, связанное с габбро-плагιοгранитной (плагιοгранитной ?) формацией, а позже – оруденение оловянно- и молибден-вольфрамовой формаций.

В мезо- и кайнозое возросла относительная роль вулканоплутонической ассоциации, в некоторых рудных поясах и провинциях она доминировала. В кайнозое наиболее распространена вулканическая ассоциация, связанная с вулканическим магматизмом андезит-базальтового состава финальной стадии развития.

В истории развития Земли имели место переломные этапы, когда резко изменялись распространенность, места локализации и некоторые черты вольфраморудных формаций, их групп и ассоциаций (морфоструктурные типы рудных тел, минеральные типы и масштабы месторождений). Главные из них: 1) граница AR/PR (смена непромышленной минерализации промышленной, сопровождающая "калиевый взрыв"); 2) граница PZ/MZ (появление, наряду с плутонической ассоциацией формаций, вулканоплутонической); 3) граница MZ/KZ (появление вулканической ассоциации, связанной с субазральным вулканизмом, сокращение образования плутонической ассоциации).

## Группы рудных формаций

Пегматитовые месторождения встречаются: докембрийские оловянно-вольфрамовой формации — в миогеосинклинальных отложениях фундамента платформ (Северо-Американской), герцинские — в герцинидах Центрального сегмента Анд, мезозойские молибден-вольфрамовой формации (пегматиты линии скрещения) — в раннеальпийском эвгеосинклинальном этапе. Оруденение ассоциирует с ранними интрузивными фазами плутонов пород гранит-лейкогранитной формации. Характер и масштабы вольфрамового оруденения одной группы формаций зависят от возраста оруденения и от геоструктуры и структурного этапа, вмещающего месторождение. Так, мезозойские пегматиты Северной Америки, в отличие от докембрийских, относятся к молибден-вольфрамовой, а не к оловянно-вольфрамовой формации, к "линии скрещения" (гибридизированные), а не к "чистой линии", приурочены к эвгеосинклинальным отложениям, а не к миогеосинклинальным, для них характерно обилие флюорита, мусковита, а не андалузита, молибдошеелита, а не шеелита и вольфрамита, отсутствие колумбита.

Скарновая группа расположена в геосинклинально-складчатых системах и на активизированных платформах, в карбонатных провинциях образует рудные пояса; в провинциях других типов месторождения хотя и бывают крупными, обычно единичными. Мезозойские месторождения Кордильер образуют пояс вдоль зоны герцинской (Средняя Азия) и мезозойской (Кордильеры Северной Америки) складчатости, залегают в отложениях каледонского, герцинского и раннеальпийского геосинклинальных этапов, в швах, разобщающих зоны и блоки ранних и поздних альпид (невадид и ларамид). Медно- и молибден-вольфрамовая формации локализованы в разных поперечных сегментах геосинклинально-складчатой области. Ассоциируют с гранодиорит-гранитными, гранитными, монцонит-гранитными или с габбро-гранодиоритовыми комплексами пород, иногда включающими в щелочные. Медно-вольфрамовая формация связана с плутонами монцонитов (абс. возраст 90 млн. лет), молибден-вольфрамовая — с более древними плутонами гранодиоритов и кварцевых диоритов (возраст ее в Калифорнийско-Колумбийском сегменте 180–79 млн. лет). Локализуется в карбонатных породах на их контактах с плутонами, вблизи логообразных понижений поверхности последних или в надъинтрузивных зонах вдоль поверхностей напластования терригенных и карбонатных пород, нарушенных разломами, иногда на скрещении продольных и поперечных глубинных разломов, в местах резких перегибов складок, в лежащих крыльях опрокинутых складок. Вулкано-плутоногенные месторождения (Тг) образовались в зонах ТМА на Северо-Американской платформе и складках волочения (данные О.В. Кононова по месторождению Търныауз).

Оловянно-вольфрамовая формация (в известковых и магнезиальных скарнах) ассоциирует с комплексами биотитовых, двуслюдяных и турмалиновых гранитов (в КНР, Средней Азии), контролируется склонами антиклинариев, где возникла во время общей инверсии, приурочена к миогеосинклинальным зонам мезозойской, к эпиплатформенным прогибам, подвергшимся мезозойской ТМА (Сянхуалин, Яогансань, КНР).

Молибден-вольфрамовая формация обнаруживается в геосинклинально-складчатых системах фанерозоя и изредка верхнего докембрия. Она ассоциирует с плутоническими и вулканоплутоническими комплексами пород гранодиорит-гранитного, редко – гранитного состава. Скарны в основном известковые. Молибденит-шеелитовая субформация находится на склонах интрагеоантиклиналей (Ингичке в Средней Азии, Милл-Сити в Сьерра-Невадском, Флэт-Ривер и Кантунг в Канадском секторе Кордильер Северной Америки; Улу-Даг в Анатолии). Залежи скарнов контактовые, в отложениях геосинклинального этажа. Молибденит-молибдошеелитовая субформация встречается в районах ТМА (MZ–KZ) платформенных структур, в частности щитов, авлакогенов, в чехле платформ (Санг-Донг) вблизи краевых глубинных разломов.

Скарноидная группа приурочена к выступам фундамента (PR, PZ) в фанерозойских геосинклинально-складчатых областях, на щитах и активизированных платформах (по В.К. Денисенко, Д.В. Рундквисту), к зеленокаменным поясам, возникшим на месте эвгеосинклинальных трогов. Она ассоциирует с покровами диабазов или пород кислого состава, с продуктами регионального ультраметаморфизма в обрамлении гранито-гнейсовых куполов. Молибден-вольфрамовая формация обычна для фундамента древних платформ ряда Лавразии.

Вулкано-плутоногенные месторождения (Tr) встречаются в альпийских геосинклинально-складчатых системах (в Динарских Альпах), в зонах эпиорогенного рифтинга, в зонах кайнозойской ТМА молодых платформ, на скрещении глубинных разломов – продольных и кососекущих древние складчатые системы (Тырныауз), в шовных зонах, ограничивающих плиты (эпигерцинскую Скифскую) и геосинклинально-складчатые области, в грабенсинклиналях, испытавших погружение на фоне общей инверсии, и передовых прогибах, наложенных на древние платформы (Айрон Маунтин, США и др.). Характерны послойные залежи скарнов в отложениях платформенного, реже – геосинклинального этажа. В скарнах, приуроченных к границам блоков и разбитых крупнопадающими дорудными и внутриминерализационными разломами, по которым осуществлялись сдвиги, имеются скопления сульфидов железа. Залежи скарнов, богатые сульфосолями, ассоциируют с интрузивными телами, проникающими в верхний ярус геосинклинального этажа (Мелик-Су, Средняя Азия). Имеются переходы к медно-вольфрамовой формации (Азегур в Атласской геосинклинально-складчатой системе).

Золото-вольфрамовая формация ассоциирует с габбро-гранодиоритовыми комплексами, иногда включающими щелочные породы. Некоторые рудные поля находятся в горстах, осложняющих синклинории, вблизи глубинных разломов, разобщающих син- и антиклинории, вблизи андезитовых вулканических поясов, в зонах глубинных разломов, разобщающих разновозрастные складчатые системы.

Медно-вольфрамовая формация расположена (Канада, Северо-Западная территория и Юкон) в эвгеосинклинальной зоне или в области ее контакта с миогеосинклинальной зоной (крупнейшее на Юконе месторождение вольфрама Макмиллан Пасс), среди терригенных осадков, но в тех структурно-формационных зонах Кордильер, где развиты палеозойские эвгеосинклинальные отложения. В отличие от молибден-вольфрамовой, она распола-

гается в выступлениях блоков каледонского, а не раннеальпийского, складчатого комплекса, в контактах плутонов монцонитов, а не гранодиоритов и кварцевых диоритов.

Полиметаллически-вольфрамовая формация редка, залегает в чехлах молодых платформ (Чен-Чан, КНР), и в геосинклинальном этаже (Джаур, Приморье; Чиуауа, Мексика) альпийских складчатых систем. Мелкие стратиформные безымянные месторождения, переходные между сурьмяно- и золото-вольфрамовой формациями встречаются в Родезийском кратоне в архейском и протерозойском складчатых комплексах — в провинциях офиолитового и терригенного (сланцевого) типов, они приурочены к sillам и субмаринным покровам (?) базальтов "формаций" Булавайо (абс. возраст 2950 млн. лет) и Пиривири (1950 млн. лет). Эти месторождения отличаются от кайнозойских одноименной формации не только их принадлежностью к скарновой группе и стратиформностью залежей, но и отсутствием в рудах ртути, что согласуется с выводом В.А. Кузнецова об относительно молодом возрасте ртутного оруденения.

Грейзеновая группа локализована в терригенных провинциях и в субэральных вулканических поясах кислых (порфирировых) пород. В геосинклинально-складчатых системах она встречается в вулканогенных прогибах, осложняющих поднятия, на активизированных платформах — в поднятиях (поднятие Цзянси эпикаледонской платформы Южного Китая, активизированное в мезозое), в щитах и мелких блоках фундамента (PR) древних платформ (поднятие Блэк Хиллс). Она приурочена к фундаменту или нижнему ярусу геосинклинального этажа, изредка — к чехлу молодых платформ, встречается в протерозойских, верхнепалеозойских, мезозойских (но не кайнозойских!) геосинклинально-складчатых областях — в структурах ранней консолидации (интрагеоантиклинали, срединные массивы и др.), где образовалась на средних этапах развития подвижных областей и ранних этапах ТМА платформ. Возраст оруденения — от PR до MZ. Локализуется в центральных приподнятых блоках сводов (данные И.Н. Томсона, М.А. Фаворской с сотрудниками), но встречается и по периферии поднятий (Северный Коунрад в Центральном Казахстане), приурочена к простым изгибам и флексурам складчатых систем, к ядрам антиклиналей, брахиантиклиналей и другим складкам, осложняющим пологие моноклинали, местам наложения разнонаправленной складчатости, полям развития и местам изгибов поясов малых интрузий. Контролируется штоко-, куполо-, гребне- и дайкоподобными выступлениями плутонов калиевых лейкогранитов стандартного и литий-фтористого геохимических типов, иногда каждой, чаще — завершающими интрузивными фазами и ореолами контактового метаморфизма в их надинтрузивных зонах и экзоконтактах, расположены вдали от видимых крупных нарушений (чаще) и в зонах глубоких разломов (Кара-Оба, Центральный Казахстан и др.), нередко выявляемых только в фундаменте (в Тасманской складчатой системе), где разобщают блоки одновременной консолидации. Грейзенизация может быть результатом деятельности не только постмагматических растворов, но и трансмагматических, связанных с более глубинными источниками (по Б.И. Омеляненко).

Оловянно-вольфрамовая формация (жильные месторождения) приурочена в основном к терригенным провинциям и к субэральным кис-

лым вулканическим поясам, залегает в фундаменте древних платформ (в районе Блэк Хиллс – РгЕ), а грейзеновые (МЗ) – срединных массивах (Юконский, Агинский). В Забайкалье жильные касситерит-вольфрамитовые месторождения (Дедовогорское, Антоновогорское, Молодежное, Малоангауйское, Куранжинское, Куналейское) распространены, по Т.И. Гетманской и Б.С. Чернову [79], в районах, испытавших в юре разнонаправленные вертикальные движения. Они ассоциируют с плутонами в которых, кроме биотитовых и лейкократовых гранитов, имеются ранние гибридные породы.

Указанная формация, в отличие от молибден-вольфрамовой, ассоциирует с комплексами гранитов несколько повышенных глиноземистости и калиевоности (данные В.Д. Козлова), не только стандартного, но и литий-фтористого геохимического типа. Касситерит-вольфрамитовая субформация приурочена к интрагеоантиклиналям, внутренним массивам, зонам ТМА (МЗ–КЗ) и сводовым поднятиям в эпиплатформенных прогибах, к щитам платформ (редко), к крупнейшим окраинно-, реже – внутриконтинентальным линеаментам. Месторождения с литиевыми слюдами ряда лепидомелан-лепидолит приурочены к бортам наложенных и центральным частям унаследованных вулканогенных прогибов (в раннекаледонском внутреннем массиве Центрального Казахстана, Центрально-Французском массиве, антиклинории Рудных Гор), перекрытых субэвральными вулканическими поясами кислых пород, соответствующими времени замыкания прилегающих участков геосинклинали, иногда в геосинклинальных прогибах. Руды отлагались на глубинах 0,7–2,5 км.

Месторождения, богатые сульфидами, залегают в экзоконтактах гранитных плутонов среди песчано-сланцевых толщ. Оруденение связано с плутонами, находящимися в интрагеоантиклинальных поднятиях вблизи ограничивающих их разлом, в центральных блоках сводов.

Вулканогенные месторождения ("риолитовая" формация) распространены в вулканитах альпийского орогенного этажа (в вулканическом нагорье Мексики) – в Центральном плато – третичном вулканическом поясе, наложенном на Кордильеры. Месторождения приурочены к зонам трещиноватости, контролирующим и субвулканические интрузивные тела. К грейзеновым эти месторождения впервые отнесены Г.А. Тананаевой.

Месторождения молибден-вольфрамовой формации размещаются в вулканических поясах порфировых пород кислого состава, возникших во время инверсии или ТМА и наложенных на интрагеосинклинальные поднятия, в срединных массивах (вдоль зон региональных, реже глубинных разломов), зонах ТМА складчатых систем, редко – в краевых частях синклинориев. Они ассоциируют с плутонами гранитов стандартного типа гранит-лейкогранитовой формации и не бывают связаны с комплексами гранитов литий-фтористого типа. Оруденение этой формации связано с гранитами, сформированными при более высоком окислительно-восстановительном потенциале, чем оруденение оловянно-вольфрамовой формации (по Ишихара).

Иногда жильные месторождения молибден-вольфрамовой формации встречаются в фанерозойских геосинклинально-складчатых поясах, провинциях офиолитового типа. Вольфрамовое оруденение представлено гюбнеритом (или шеелитом).

Месторождения Верхне-Слюдянское, Колыванское, Калгуты в Горном Алтае расположены в области развития орогенных (по В.К. Денисенко регенерированных геосинклинальных) прогибов в флишоидных миогеосинклинальных зонах с близким расположением кристаллического фундамента.

Месторождения молибденит-шеелитовой субформации контролируются интрагеоантиклинальными поднятиями, редко — синклиноориями, зонами поперечных пликативных или дизъюнктивных нарушений, встречаются в интрузивных поясах.

Среди поисковых признаков можно отметить, помимо общеизвестных (грейзенизация и др.), наличие в апикальных, особенно купольных частях гранитных плутонов, участков ритмично-зонального строения, выраженного в чередовании конформных контактов зон гранитов и зон ориентированного роста породообразующих и аксессуарных минералов. Масштабы оруденения на платформах южного полушария, где месторождения многочисленны, малы.

Обособленную группу, иногда выделяемую в мусковит-микроклиновую формацию, образуют месторождения молибден-вольфрамовой формации с развитием специфического процесса десиликации. Другие исследователи относят эти месторождения к грейзеновой группе. Они встречаются в офиолитовых (Юго-Коневское, Урал; Холтосон, Забайкалье) реже — в терригенных (пояс месторождений в зоне ларамийской складчатости, США) провинциях в местах пересечения складчатых систем поперечными глубинными разломами, в зонах ТМА складчатых систем (каледонский эвгеосинклинальный трог Западного Забайкалья), образуют рудные узлы, изредка — согласные рудные пояса в интрагеоантиклиналях герцинид, располагаются в частных поднятиях, вблизи граничных или продольных осевых глубинных и региональных разломов.

В герцинидах они образовались в орогенный этап, располагаясь в эндо- и экзоконтактах гранитных плутонов (Юго-Коневское и другие гюбнеритовые месторождения Урала). В каледонидах такие месторождения встречаются в эвгеосинклинальных трогах и ассоциируют со штоками лейкократовых гранит-порфиров и гранитов вулканоплутонических комплексов, сопровождаемыми жильными породами не только лейкократовыми первого этапа, но и меланократовыми — второго этапа — микросиенитами (Инкур в Джидинском рудном поле). Месторождения приурочены к секущим глубинным разломам, образуют рудные узлы и изредка (на Урале) — согласные рудные пояса, вдоль гребней плутонов, повторяющих изгибы складчатости вмещающих толщ и направление региональных разломов, а также в зонах пересечения складчатости поперечными глубинными разломами, в полях развития малых интрузий жильной формы, против клиновидных выступов древних платформ (Ангарский выступ Сибирской платформы).

Месторождения ассоциируют с плутоническими или вулканоплутоническими комплексами лейкократовых аляскитовых гранитов и гранит-порфиров. Имеются каледонские, герцинские и альпийские месторождения, существенно гюбнеритовые. Гюбнеритовые месторождения в складчатой системе Аппалач, как и сама эта система, являются почти полными аналогами уральских. Обе эти складчатые системы межматерико-

вые (отнесение Кзем складчатой системы Аппалач к окраинно-материковым ошибочно: Атлантический океан образовался после замыкания геосинклинали), в обеих вольфрамовое оруденение сформировано в эвнтрагеоантиклиналях, характеризующихся полным развитием офиолитового комплекса (с субмаринными эффузивами основного состава), заложены в рифее (?), входят в большие подвижные пояса, в обеих проявились как предполагают, процессы обдукции, что впрочем маловероятно. Обе расположены между континентами Лавразии, прямолинейны, ориентировка их субмеридиональная. В них развито плутоногенное губернитовое оруденение мусковит-полевошпатовой и серицит-кварцевой групп формаций. Месторождения в Аппалачах и на Урале сходны по минеральному составу руд, богатству марганцем главного рудного минерала — губернита, но месторождения в южном сегменте Аппалач (Хэмм, Тангстен Квин и др.) среднепалеозойские, а на Урале — позднепалеозойские.

Третичные губернитовые месторождения западных штатов США находятся в зоне орогенной ТМА и наведенного рифтинга на продолжении Восточно-Тихоокеанского поднятия. Рифтинг проявился по границам разновозрастных глыб фундамента Северо-Американской платформы. Оруденение приурочено к зонам как эпишлатформенного рифтинга (Сан-Хуан), так и эпиорогенного (в миогеосинклинальной зоне ларамид — Има-Майн, Бориана). Последние входят, наряду с шеелитовыми — иного экологического типа той же формации, — в рудный пояс зоны ларамийской складчатости Кордильер, приурочены к мелким выступам фундамента, сложенным породами серии Белт. Там, где эвгеосинклинальная зона невадид в изгибе как бы попадает на место миогеосинклинальной, также имеется сходного типа губернитовое месторождение (Нью-Сноубёрд).

В Западном Забайкалье пояс вулканоплутоногенных губернитовых месторождений параллелен юго-восточному краю Сибирской платформы и кайнозойской Байкальской рифтовой впадине, хотя образовался в предрифтовое время. Этот факт подтверждает вывод А.М. Борсука, сделанный им при изучении магматических формаций Кавказа, о том, что появление новых магматических формаций (а значит и сопутствующего оруденения!) как бы опережает наступление нового тектонического режима. Итак, во время замыкания геосинклиналей образуется, как и в других случаях, плутоногенное оруденение; а во время развития орогенной ТМА и сменяющего ее рифтогенеза — вулканоплутоногенное.

#### *Кварц-калишпатовая группа*

Месторождения этой группы относятся к одной — молибден-вольфрамовой ("молибден-порфировой") формации. Они встречаются в вулканических ("порфировых") поясах кислых пород, наложенных во время ТМА на консолидированные складчатые системы (Шалгия, Первомайское) и древние платформы вблизи мезо-кайнозойских геосинклиналей, в зонах кайнозойского эпиорогенного и эпишлатформенного рифтинга и ограничивающих рифтинг по простиранию крупнейших нарушений мантийного заложения (Клаймакс, Гендерсон). Месторождения находятся в зонах секу-

щих глубинных разломов, на сопряжениях или выклиниваниях продольных и поперечных глубинных разломов, в зонах расщепления пород, местах наложения разнонаправленных складчатости и разломов. Они образуют рудные узлы, но не провинции, расположены в полях развития малых интрузий — гипабиссальных членов вулканоплутонических комплексов, в эндо- и экзоконтактах штоков лейкократовых гранит-порфиров и гранитов, приурочены к их дайкообразным апофизам и полям жильных пород — лейкократовых (первого этапа) и меланократовых (микросиениты и др.) — второго этапа. Штоки гранит-порфиров в апикальных и приконтактных частях имеют ритмично-зональное строение иного типа, чем в случае плутонов гранитов, с которыми связано типичное оруденение грейзеновой группы формаций.

Месторождения Циркумколорадского, Циркумвайомингского и линейного Колорадского рудных поясов находятся между  $107^{\circ}$ -ным и  $118^{\circ}$ -ным меридианами, на мысленном продолжении под континентом Северной Америки оси спрединга Восточно-Тихоокеанского поднятия — на продолжении Калифорнийского залива, в который проходит ось спрединга, в провинции Бассейнов и Хребтов, сложенной системой грабенов и горстов того же простирания, что и у Восточно-Тихоокеанского поднятия.

Считают, что кайнозойский рифтинг этой зоны обусловлен пересечением Северо-Американским континентом при его движении на запад оси спрединга, но месторождения образовались 34–17 млн. лет назад — позже прекращения предполагаемого надвигания континента на указанное поднятие (40 млн. лет назад), а признаков прохождения над осью спрединга территорий более западных регионов нет, что противоречит мобилистским построениям.

Всю область развития третичных месторождений западных штатов США можно отнести к области третичной орогенной ТМА и эпиорогенного и эпиплатформенного рифтогенеза. В отличие от Восточно-Африканских, эти рифтогенные структуры не сконцентрированы в узкой линейной зоне, а рассредоточены на площади шириной 800–1000 км. По предположению некоторых ученых, развитие третичной ТМА на территории запада США обусловлено поднятием крупного астенолита, в процессы преобразования и плавления вовлечены нижняя часть земной коры и даже ее осадочно-метаморфического слоя. Возможно, именно поэтому здесь и образовалось вольфрамовое оруденение в связи с основными и кислыми (контрастная серия) магмами. Разнообразием состава этих пород обусловлено и разнообразие оруденения.

Крупнейшие месторождения этой группы (Клаймакс, Гендерсон и др.) расположены на пересечении глубинных разломов орто- и диагональной регматической сети. Здесь выявлен линеймент  $40^{\circ}$ -ной параллели с. ш. над ступенью поверхности мантии (данные Я. Кутины), субмеридиональная зона эпиплатформенного ларамийского орогенеза, наложенная на Прикордильерскую зону перикратонных прогибов, вдоль которой проходит рифт Рио-Гранде, глубинные разломы северо-восточного простирания (к нему приурочен пояс малых интрузий, сопровождаемых месторождениями вольфрама, молибдена, урана, полиметаллов и др.) и северо-западного простирания (контролирует пояс месторождений "молибден-порфировой" формации). Вольфрамсодержащие месторождения лока-

лизованы на крайнем юго-восточном фланге "молибден-порфирирового" рудного пояса, находящемся в пределах не складчатой зоны Кордильер, как остальная часть рудного пояса, а в передовом прогибе, подвергшемся орогенной ТМА.

В некоторых регионах Центральной Азии месторождения этой группы формаций образовались в пределах микроконтинентов, из них вольфрамовые — на несколько больших глубинах, чем молибденовые.

Оловянно-вольфрамовая формация кварц-турмалин-хлоритовой группы, обычно существенно оловорудная, размещена в геосинклинально-складчатых системах Тихоокеанского пояса, реже — в Средиземноморском (Корнуэлл), за исключением вулканоплутонического месторождения Маунт-Плезант (Канада), расположенного в Аппалачском складчатом поясе (Атлантический подвижный пояс), на древних платформах — в зонах ТМА (MZ и KZ), в частности синеклиз (в гранитном плутоне Бушвельд, где образовалась при ТМА, 1950 млн. лет назад), на молодых платформах (в массиве Корнуэлл). В геосинклинально-складчатых системах она располагается в срединных массивах (Буреинский), в интрагеоантиклиналях (Боливийской, в центральной части Чукотки), в синклиниях (Приморье), на сочленении син- и антиклинорий, в терригенных рудных провинциях, в наложенных прогибах, заполненных терригенно-вулканогенными толщами, возникших при замыкании геосинклинали или во время ТМА (Комсомольский район, Омсукчанский прогиб). Обычны рудные пояса, следующие вдоль глубинных разломов, месторождения находятся на пересечениях их региональными разломами. Оруденение ассоциирует с интрузивами плутонических и вулканоплутонических комплексов, сложенными породами гранодиорит- и габбро-гранитной формации и их монзонитоидными разновидностями, на состав которых влияет, по видимому, состав мантии, со штоками и дайками диоритов, гранодиоритов. Граниты главных фаз роговообманково-биотитовые (данные Б.Л. Флерова, Е.И. Доломановой, М.Г. Руб, Б.В. Макеева и др.). Контролируются пересечениями региональных разломов часто трансструктурных. Месторождения характерны, по Г.А. Тананаевой и И.Н. Кигаю [74], для молодых сводов, формирующихся в связи с процессами ТМА областей завершённой складчатости и молодых платформ, но на острове Пинос Атильской островной дуги в эвгеосинклинальной зоне альпийской складчатости жильное месторождение вольфрама Сигуанеа образовалось на раннеорогенном этапе эволюции. Глубины залегания фундамента складчатых областей в регионах их распространения больше, чем в регионах развития месторождений грейзеновой группы (данные С.Ф. Лугова, Б.В. Макеева и др.). При наличии в рудном регионе обеих групп месторождения кварц-турмалин-хлоритовой группы обычно моложе, находятся не только в интрагеоантиклинальных поднятиях (Боливийские), но и в прогибах (Раучанский на Чукотке), хотя содержания вольфрама в таких случаях резко снижаются. Залегают в отложениях более высоких горизонтов геосинклинального этажа или в более молодых складчатых комплексах.

Месторождения обычно находятся в терригенных провинциях и поясах в разбитых разломами участках крутой, реже пологой линейной складчатости. Рудоотложение контролируется зонами повышенной трещиноватости, участками их сопряжения и пересечения с региональными разлома-

ми других направлений. Региональные рудные пояса следуют вдоль зон гравитационных минимумов (в Корнуэлле).

Вулкано-плутогенные месторождения тяготеют к штокам гранитоидов повышенной основности, к полям развития даек гибридных пород среднего и основного состава – дериватов гранитоидной (по представлениям одних исследователей) или базальтовой (по мнению других) магмы. Оруденение связано с диорит-гранодиорит-лейкогранитовыми сериями, монцит-сиенитовой формации (данные Э.П. Изоха, М.Г. Руб). Возможно, однако, что ассоциация оруденения с интрузивными телами структурная.

Не исключено, что к этой же группе формаций относятся медно-висмуто-кобальт-вольфрамовые проявления в Горном Алтае, находящиеся на юго-восточном продолжении Ануйско-Чуйского унаследованного прогиба в наложенном Юстыдском прогибе (регенерированной геосинклинали по В.К. Денисенко, дейтероорогенной структуре по Н.Н. Амшинскому).

### *Серицит-кварцевая группа*

Эта группа включает оловянно- (Потоси, Боливия), молибден- (Фельбер в Альпах), медно- (Артулукское в Горном Алтае) и полиметаллически- (Сан-Кристоваль, Боливия) вольфрамовые формации. Среди них имеются и плутоногенные (Ред Роз) и вулкано-плутоногенные (Ляньхуашань, Холтосон). Месторождения расположены в терригенных и зеленокаменных провинциях в геосинклинально-складчатых системах и на платформах, в интрагеоантиклиналях и осложняющих их прогибах, заполненных терригенно-вулканогенными отложениями (Ляньхуашань, КНР) и в интрагеосинклинальных прогибах в зонах ТМА каледонид (Холтосон, Забайкалье) и эпикаледонских платформ, в областях эпиорогенного рифтинга (к этой группе можно отнести равным образом, как и к мусковит-микроклиновой, охарактеризованные выше Нью-Сноуберд, Има Майн, Бориана, США, молибден-вольфрамовой формации, так как для четкого определения их формационной принадлежности данных недостаточно.

Месторождения находятся в местах погружения складок, изменения простирания складчатых толщ, в частности, огибания ими клиновидных выступов древних платформ (Холтосон, в котором имеется оруденение и мусковит-микроклиновой группы), в зонах граничных глубинных разломов, в интрагеоантиклиналях, разбитых поперечными глубинными разломами, по которым осуществлялись крупноамплитудные сдвиги (район Потоси и Лялягуа, Боливия), в местах сочленения региональных сбросов и надвигов с разрывами иного направления. Некоторые месторождения залегают в экзоконтактах и контактах плутонов, также разбитых крутопадающими разломами (со сдвиговой составляющей). Многие рудные поля находятся в полях развития постскладчатых субвулканических малых интрузий (штоков, этмолитов, некков, даек), сложенных породами не только кислыми (лейкократовыми гранитами), но и повышенной основности, а иногда и щелочности (Ляньхуашань, Холтосон), что возможно является признаком связи с более глубинными – мантийными – источниками. Они приурочены к надинтрузивным зонам, экзо-, редко эндоконтактным зонам, нарушенным в результате эндокинетических движений, в куполовидных поднятиях.

Судя по данным И.Н. Томсона и его сотрудников, вулcano-плутоногенное оруденение приурочено к краевым частям орогенных сводов, а плутоногенное — к центральным, где образовалось значительно (на 17 млн. лет) позже оруденения грейзеновой группы формаций. Ряд подобных месторождений приурочен, по Д.О. Онтоеву, к участкам с пониженной мощностью сиалического слоя земной коры. Но особенности месторождений не всегда коррелируются с этой мощностью. Так, особенности W — содержащих полиметаллических месторождений на острове Хонсю, Япония (переходный тип коры мощностью до 30 км) и в Андах (кора континентальная мощностью 70 км) имеют больше сходства, чем различий.

Сульфидно-вольфрамотные месторождения оловянно-вольфрамовой формации контролируются приразломными терригенно-вулканогенными прогибами в областях мезо-кайнозойской ТМА, наложенными на антиклинорные поднятия эпикаледонских и эпигерцинских платформ, интрагеоантиклинальные поднятия, встречаются по границам срединных массивов. Полиметаллически-вольфрамовые формации являются, по-видимому, гибридными, приурочены к межгорным или рифтовым прогибам (Сан-Кристоваль в прогибе Альтиплано). Месторождения медно- и свинцово-цинково-вольфрамовые формируются в различных структурах земной коры. Первые развиты в офиолитовых провинциях уральского типа, для которых медь является профилирующим элементом, и в некоторых терригенных, имеются на щитах, но не в древнейших глыбах, как золото-вольфрамовая формация березит-лиственитовой группы, а в протерозойских — складчатых зонах (Хетчес Крик), в мио- (Хукамарини, Мерседес, Агылки) и эвгеосинклинальных (Холтсон) зонах, в интрагеоантиклиналях, на островных дугах в андезитовых вулканических поясах (Асио). Причина появления в экзоконтакте гранитоидных тел или среди гибридизированных гранитоидов жил, богатых сульфидами, — связывание компонентов (Pb) из вмещающих пород [11] с серой, привнесенной рудоносными растворами из глубинных, возможно подкоровых, магматических очагов (данные О.В. Кононова, А.Д. Щеглова и др.). Оруденение пиритового минерального типа оловянно-вольфрамовой формации более близкповерхностное, чем пирротинового, что и обусловило окислительный режим при формировании руд.

К этой же группе формаций можно отнести стратиформные месторождения во вторичных кварцитах регионального распространения. Ранее эти месторождения относились нами, вслед за Д.В. Рундквистом и В.К. Денисенко, к кварцитовой группе формаций. Они встречаются, по данным В.К. Денисенко, в выступах фундамента платформ или геосинклинально-складчатых областей, нижнего яруса геосинклинального этажа.

Обогащенные вольфрамом пласты накапливались в эвгеосинклинальных трогах или в прогибах типа краевых морей среди тонкообломочных терригенных отложений, а месторождения (Фельбертал, Восточные Альпы) возникают в условиях геосинклинальной складчатости, в результате перемещения и дифференциации вещества при региональных метаморфизме и метасоматозе. Это оруденение развито на громадных площадях, запасы руд месторождений велики (Фельбертал — крупнейшее в Европе).

Стратиформные месторождения вольфрама известны в интрагеоанти-

клинальных поднятиях в докембрийских и раннепалеозойских складчатых комплексах, в чехле молодых платформ (на территории КНР), в срединных массивах (Иберийский), внутренних массивах ранней консолидации, в фундаменте метаплатформенных областей, отчлененных от платформ авлакогеосинклинальными зонами. Оруденение приурочено к узким, выдержанным на значительных площадях горизонтам нижнего яруса геосинклинального этажа, к тонкообломочным, обогащенным углеродистыми соединениями и графитом (битуминозные сланцы), реже — к кварцитам и песчаникам.

Оруденение некоторых месторождений обычно тонкорассеянное (ферберит или шеелит, иногда также молибдошеелит или тунгстенит). Генезис этих месторождений, называемых также стратиформными, спорный. Минеральные ассоциации, характер и последовательность изменения боковых пород — калишпатизация, затем альбитизация и, наконец, окварцевание (в других случаях — хлоритизация, серицитизация, пиритизация), сопровождаемые отложением шеелита — те же, что и в плутогенных постмагматических месторождениях, многократный дорудный метасоматоз вмещающих пород свидетельствует в пользу постмагматического или метаморфогенного генезиса руд. Представления об осадочном генезисе руд основаны лишь на четкости литологического контроля оруденения и отсутствии синхронных магматических пород. Это заключение основывалось на том, что встречающиеся вблизи месторождений гранитные плутоны не обнаруживают металлогенической специализации (данные Ф.Э. Апельцина по Казахстану, зарубежных исследователей по Гренландии и др.).

В последние годы гранитоидные плутоны подразделены на рудообразующие и рудогенерирующие (последнее название с нашей точки зрения неудачно, так как в переводе означает, то же, что и первый термин, лучше эти магматические тела называть рудоиндуцирующими). Если принять эту точку зрения, высказанную М.Б. Бородаевской, Д.И. Горжевским, Н.А. Фогельман, А.И. Кривцовым, то рассматриваемые месторождения связаны с рудоиндуцирующими интрузивными телами гранитоидов или с гранитизацией регионального масштаба.

### *Березит-лиственитовая группа*

Эта группа включает месторождения золото-вольфрамовой формации, ассоциированные с соскладчатыми плутонами плагิโอгранитов и других пород габброплагิโอгранитной формации. Это — сложные слабоконтрастные или неконтрастные серии, натровые с гранитоидами монцонитоидного ряда, габбро-гранитовой и габбро-сиенитовой серии, образовавшиеся в обстановке частных инверсий. Синхронные оруденению магматические породы могут отсутствовать (Гленорчи, Новая Зеландия). Такие месторождения имеются на щитах, в блоках древнейшей (свыше 1400 млн. лет) консолидации, сложенных зеленокаменными породами (Иеллоунайф, Поркюпайн на Канадском щите, месторождения в щите Йилгарн Австралийской платформы), в геосинклинально-складчатых системах (Карибу в Кордильерах, США). В районе Иеллоунайф выявлены тысячи золотоносных кварцевых жил с шеелитом, но лишь из немногих добывался, на ряду

с золотом, шеелит. Месторождения имеются также на островных дугах (? Новая Зеландия). Многие месторождения приурочены к срединным массивам (Кокчетавская глыба), к интрагеосинклинальным поднятиям (Березовское), иногда в осложняющих их грабенах. Все перечисленные месторождения — плутоногенные. Но имеются и вулканоплутоногенные месторождения, расположенные в альпийских складчатых системах, на границе срединных массивов (Бая Сприе, РНР) ..

### *Прошлитовая группа*

Месторождения вольфрама этой группы формаций редки и невелики, обычно докембрийские (архей?) жильные в плутонах тоналитов (в Родезийском кратоне) и их экзоконтактах, возникшие, по-видимому, в условиях частной инверсии геосинклиналей.

Кайнозойское месторождение губернера Пасто Буэна находится в интрагеоантиклинальном поднятии Анд, на мысленном продолжении асейсмичного подводного хребта Наска, расположенного, как предполагают, вдоль границы океанических плит, другими словами — на скрещении континентальной структуры, параллельной окраине Южно-Американского континента, и структуры, расположенной косо относительно переходной зоны океан—континент.

### *Аргиллизитовая группа*

К этой группе относятся месторождения сурьмяно-, ртутно-, золото- и оловянно-вольфрамовой формаций и многочисленные переходные. Они приурочены к зонам повышенной (в кайнозое) проницаемости земной коры для базальтоидных и андезитовых магм — Тихоокеанскому и Альпийско-Гималайскому подвижным поясам. На древних платформах Гондваны и Лавразии вне областей их ТМА таких месторождений почти нет. Месторождения локализованы в складчатых комплексах любого возраста, вплоть до позднеальпийского (Q) и формировались в любых геодинамических обстановках, в условиях быстрого воздымания земной коры — на континентах на продолжении трансформных глубинных разломов и океанических рифтовых зон, тогда как месторождения других генетических групп (за исключением гидротермально-осадочной) — в складчатых комплексах не моложе среднеальпийских (ларамийских).

В Северной Америке самые крупные месторождения этой группы находятся в зоне ТМА мезозой (в Калифорнийско-Невадском сегменте). Оруденение развито в блоках архейской, протерозойской, каледонской, герцинской или раннеальпийской консолидации, в областях кайнозойской ТМА полициклических складчатых систем, а также в альпийских бассейнах полного развития, в протерозойском фундаменте древних платформ. Месторождения встречаются в опущенных крыльях граничных глубинных разломов, и оперяющих их разломах — в интрагеосинклиналях, в срединных массивах, в пределах мелких складок, нарушенных разломами. Они образовались при воздымании сводов, сопровождавшемся раскалыванием земной коры, возможно, до границы "базальтового" слоя,

при быстрых вертикальных перемещениях блоков с амплитудами до нескольких километров. Положение их в тектонических и локальных структурах типично для "эпитермальных" месторождений. Они находятся в терригенных и частично в карбонатных провинциях.

Собственно вольфрамовые месторождения редки (Сильвер-Дайк; Мамисони, Кавказ). Ртутное или золотое оруденение нередко образовались в иной этап, более поздний, чем вольфрамовое, отделенный от последнего внедрением даек субщелочных пород (в округе Боулдер, США) или изменением плана деформаций (Барун-Шивея). Оруденение возникло на фоне антидромной эволюции состава вулканических комплексов. Ртутное и ртутно-вольфрамовое оруденение синхронны излиянию базальтовых лав (Тамватней, СССР), а золото-вольфрамовое — основным лав повышенной щелочности (в округе Боулдер). Ассоциация оруденения с вулканитами исключительно редка. Размещение месторождений, находящихся на западе США, не зависит от положения предполагаемой области надвигания континента на океаническую зону спрединга или, может быть, приурочены к ее крайней периферической части.

Месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации приурочены: шеелитовые — к областям кайнозойской ТМА блоков ранних альпид Калифорнийско-Невадского сегмента Кордильер, ферберитовые — к блоку герцинид Центральных Анд. В пределах Боливии пояс месторождений (Тг) сурьмяно-вольфрамовой формации косо сечет оловянно-вольфрамовый. В Южной Боливии эти месторождения многочисленны и богаче, чем в Северной. На платформах они встречаются в зонах мезо-кайнозойской ТМА щитов, плит, передовых прогибов. В складчатых системах они находятся в срединных массивах, интрагеоантиклинальных поднятиях и интрагеосинклинальных прогибах, концентрируясь вдоль глубинных разломов, разобщающих поднятия и прогибы (пояс месторождений Горной Рачи; Барун-Шивея). Месторождения сурьмяно-вольфрамовой формации встречаются в тех же структурах, где ртутно-сурьмяно-вольфрамовые, антиклинориях, но еще и в терригенных отложениях герцинского и альпийского складчатых комплексов больших подвижных поясов фанерозоя, в опущенных крыльях глубинных разломов под предполагаемыми зонами Беньофа и над ними.

Месторождения образовались в условиях кайно- и (редко) мезозойской ТМА складчатых областей (в миогеосинклинальных зонах, в самые поздние этапы их развития) и щитов (Цзяннаня, Канадский). Они ассоциируют с дайками пород среднего и основного состава нормальной щелочности — субвулканическими членами андезит-дацитовых комплексов. Предполагаемая для единичных месторождений связь с герцинскими гранитными плутонами сомнительна. В ряде регионов (в антеклизе или щите Цзяннаня) встречены вне полей распространения синхронных оруденению интрузивных тел.

В геосинклинальном этапе или фундаменте платформы оруденение выражено минерализованными зонами дробления, возникшими вдоль или вблизи сбросов и надвигов, и оперяющими их непротяженными круто и полого падающими жилами кварца, залегающими в отрывах. В платформенном чехле изредка встречаются метасоматические залежи. Оруденение протягивается на глубину 250—200 м и сопровождается метасо-

матитами аргиллизитовой формации. В фундаменте (PR) древних платформ оруденение представлено жилами, прослеживающимися на глубину до 1200 м. В приподнятых блоках фундамента (AR) интрагеоантиклиналей оруденение иногда выражено штокверком, имеющим форму "опрокинутого" конуса, протяжение оруденения на глубину – до 450 м (Иеллоу Пайн, США).

Месторождения сурьмяно-вольфрамовой (с ртутью) формации, в отличие от других, размещается в полно представленном нижней и верхней терригенными молассаами альпийском орогенном этапе (в Кордильерах). Наиболее крупное из них (Атолия) располагается в приподнятом блоке фундамента (AR).

Ртутно-сурьмяно-вольфрамовые месторождения встречаются в антеклизях древних платформ (в зонах верхнемеловой-третичной ТМА в выступах архейских блоков), в полициклических (палеозой-мезозойских) складчатых системах – в срединных массивах (в их фундаменте) и интрагеоантиклиналях, в альпийских бассейнах полного развития, наложенных на антиклинории. Рудопроявления этого типа встречаются также на зрелых островных дугах (о-в Сахалин), но редко также на островодужной стадии развития континентальной коры. Они образуют рудные пояса вдоль глубинных разломов – продольные, протягивающиеся независимо от блокового строения складчатых систем, иногда приурочены к крупнейшим трансконтинентальным линейаментам, пересекающим и смещающим переходные зоны континент – океан, т. е. к структурам более глубинного заложения, чем пояса плутоногенных и вулканоплутоногенных месторождений.

Рудные поля нередко расположены в ядрах антиклиналей, осложненных разломами (Сагеби, Ноцара), на крыльях складок, осложненных надвигами (Барун-Шивей), на пересечениях глубинных разломов поперечными (в рудном поясе Боулдер, США), обычно вне полей распространения синхронных оруденению магматических пород и вне полей контактового метаморфизма, но изредка ассоциируют с дайками андезит-дацитов или базальтов и риолитов риолит-диабазовой формации – корнями субаэральных лавовых покровов финальной (кайнозойской) стадии развития фанерозойских геосинклинально-складчатых систем и ТМА платформ, особенно древних. В обоих случаях они возникли по сути дела в сходных геодинамических условиях – базальтоидной ТМА.

Месторождения золото-вольфрамовой формации образуют рудные пояса, поперечные к складчатым структурам, связаны с процессами мезокайнозойской ТМА антеклиз (или щитов) и в приподнятых блоках фундамента, расположенных в эпиплатформенных впадинах. На Северо-Американском континенте они расположены только против наиболее широкой части складчатого пояса, в выступе фундамента в зоне кайнозойской ТМА перикратонного прогиба Денвер. Определенную роль в формировании рудного пояса даже локальных масштабов (пояс Боулдер, США) играли глубинные разломы, пересекающие зону перехода материк – океан. Этот рудный пояс ориентирован под углом к порфировому поясу (отражая как бы преломление глубинного разлома при переходе из более жесткой структуры, где он субпараллелен трансконтинентальным разломам, в зону мощных осадочных толщ. Оруденение ассоциирует с дайка-

ми пород повышенной основности и щелочности риолит-диабазового комплекса (в округе Боулдер, США).

На Аляске, вне п-ва Сьюард, расположены ряд мелких W-содержащих месторождений (Q) золота, содержащих также Sb (Мур, Крик, Флэт Крик), частью — золото-ртутные (Кэндл Крик). Они залегают в деформированных отложениях ( $J_3$  и K) эпимезозойского бассейна, приурочены к региональным разломам, секущим метаморфический комплекс (PrE), отложения  $PZ_1$ , а также позднеальпийский складчатый комплекс Кордильер. В Мексиканском сегменте Кордильер в геосинклиальном этаже имеются месторождения молибден- и золото-вольфрамовой формации. Вольфрам распространен в месторождениях Годос Сантос, Сантьяго, Сан-Хосе-дель-Кабо золото-серебряной формации (штат Нижняя Калифорния, район Бая Калифорния Сур) эоценового возраста ( $P_3-N_2$ ) — в зонах субмеридиональных разломов в области развития эвгеосинклинальных отложений (T, J,  $K_1$ ), деформированных и метаморфизованных в невадийский орогенез. Оруденение представлено мелкими жилами и минерализацией в сколовых зонах, местами вблизи выходов гранитоидов (от гранитов до кварцевых диоритов).

Вольфрамовая (ферберитовая) минерализация (Tr) известна в вулканическом нагорье Центрального плато в месторождениях "деревянистого олова", залегающих среди вулкаников (Tr) орогенного этажа в зонах трещиноватости, контролирующих субвулканические интрузивные тела. В вулканиках рудные пояса не прослеживаются, как и в случае Циркумколорадского рудного пояса США. Это позволяет предположить образование этих месторождений раньше излияния лав, либо экранирование эффузивами рудоносных растворов.

Единственное месторождение ртутно-вольфрамовой формации Тамватней находится в Анадырско-Корякской ларамийской складчатой системе Корякско-Камчатской складчатой области — во внутренней зоне Тихоокеанского пояса. Оно расположено в серпентинитах ( $N_2-Q$ ) протрузива формации альпийотипных гипербазитов, терригенных и терригенно-вулканогенных толщах. Возраст оруденения и протрузии нижнеплейстоценовый. Месторождение приурочено к пересечению продольного глубинного разлома поперечной зоной разломов. Глубинный разлом разобщает антиклинорий, сложенный эвгеосинклинальным кремнисто-вулканогенным комплексом (поздняя юра-готерив) и синклинорий, заполненный миогеосинклинальным терригенным комплексом с отдельными пластами туфов среднего и основного состава (ап-альб), севернее сменяющимся отложениями флишоидной формации (сеноман-турон), образующими синклиналь.

Гипербазитовый массив и его кровля прорваны субвулканическими штоками, силами и дайками габбро ( $K_1$ , 138–122 млн. лет), плагиогранитов и гранодиоритов ( $K_2$ ), базальтов и андезито-базальтов (N), комагматичных с покровами лав. Молодые отложения представлены нижней — эффузивной толщей (базальты, андезитовые порфиры, вариолиты, спилиты, альбитофиры) — и верхней — туфогенно-осадочной (конгломераты, гравелиты, аргиллиты, туфы). Толща смята в складки. Под массивом серпентинитов в лежачем боку надвига имеются оруденелые стратифицированные образования  $K_2$  (сеноман-дат) и N. На продолжении по-

перечной зоны разломов имеется сурьмяная минерализация, иногда с вольфрамом. По рудолокализирующим продольным разломам осуществились сбросы и надвиги. Руды локализованы в субширотной зоне тектонического контакта массива гипербазитов (надвиг). Породы изменены и оруденелы. Контакты массива с основными эффузивами ( $J_3 - K_1$ ), а также с крутым падением, не оруденелы. Песчаники благоприятнее для рудоотложения, чем глинистые сланцы. Рудопроявления находятся в приподнятых блоках контактовой зоны.

Намечены серпентинитовый, лиственитовый, аргиллизитовый (вольфрамовый) и кварц-халцедоновый этапы минерализации (Воеводин и др., 1981 г.). Вольфрамовое (тунгстенит) оруденение особенно развито в нижних частях зоны, коррелирует с сурьмяным. В висячем боку надвига над зоной аргиллизитов и лиственитов серпентинизированные перидотиты графитизированы.

#### *Вольфрамсодержащая железо-марганцевая гидроокисная группа*

В эту группу входят немногие месторождения. Они образуются в областях четвертичной орогенной ТМА молодых платформ (Голконда, Содавилль, США; Таламантес, платформа Коахуила, Мексика; Тосдор на эпигерцинской платформе Средней Азии и др.), в интрагеоантиклиналях ранних альпид (Кордильеры, США) при резком воздымании территорий. Месторождения приурочены к системам разнонаправленных разнопорядковых глубинных разломов, ранчетвертичных или третичных и оживленных в четвертичное время, по которым произошли сбросы (данные Л.Н.Овчинникова и др., 1981 г.).

Магматические породы, синхронные оруденению, отсутствуют или это — субвулканические тела риолитов, покровы андезитов, андезитовых порфиров и их туфов ( $N_1$ ). Рудные тела пластообразные, залегают в галечниках и элювии (Тг, Q); под травертинами (Q) — в отложениях альпийского орогенного этажа или переслаиваются с ними. Они состоят из лимонита, пиролизита и псиломелана. Наличие в них вольфрамата бария (Королева и др., 1981 г.) не подтвердилось (данные И.Е.Максимюк). В подстилающих породах в зонах брекчирования имеются жилы и прожилки в эв- и миогеосинклинальных складчатых комплексах фундамента платформ, активизированных в кайнозое. Крупнейшее месторождение этой группы — Голконда в складчатой системе Кордильер США возникло в плейстоцене при кайнозойской ТМА блока альпид в раннеальпийском (Т) эвгеосинклинальном складчатом комплексе.

Наличие примеси вольфрама, иногда в промышленных количествах, отмечается в ряде месторождений марганца (Таламантес). Это оруденение, как и аналогичное ему в Колумбийско-Калифорнийском сегменте, четвертичное.

#### **Вольфраморудные формации**

Закономерности размещения конкретных вольфраморудных формаций даны в разделах "Ассоциации вольфраморудных формаций" и "Группы вольфраморудных формаций". Абстрактные рудные формации имеют

свои закономерности размещения. Так, месторождения оловянно- и золото-вольфрамовой формации размещаются на древних платформах северного и южного рядов (в геосинклинальных подэтажах фундамента и в чехле) и в геосинклинально-складчатых областях докембрия и фанерозоя – в фундаменте, геосинклинальном и орогенном этажах.

Существенные месторождения молибден-вольфрамовой формации традиционных типов не встречаются ни в фундаменте, ни в чехле древних платформ. Они имеются только в крупнейших фанерозойских глобальных подвижных поясах обрамления этих платформ – Средиземноморском и Тихоокеанском (в промежуточной, ранее называвшейся внешней, и частью внутренней его зоне), связаны с I-гранитами, в отличие от оловянно-вольфрамовой формации, ассоциирующей с S-гранитами (данные В.С.Попова, Л.Н.Овчинникова, Д.В.Рундквиста, 1983 г.). Более мелкие существенно вольфрамовые месторождения встречаются и в складчатых системах, разобщающих древние платформы северного полушария. Этот тип месторождений формировался только в фанерозое, в основном в герцинский, киммерийский и альпийский тектоно-магматические циклы. Они находятся в интрагеоантиклиналях (Акчатау) и интрагеосинклиналях (Восточный Коунрад, Центральный Казахстан), в бортах наложенных орогенных прогибов и частью в них самих (Кара-Оба), на простираниях океанических поднятий в зонах рифтинга – в эпиплатформенном рудном поясе, окружающем метаплатформу Колорадо-Вайоминг, в межматериковых Уральской и Аппалачской геосинклинально-складчатых системах в эвгеосинклинальных зонах. Некоторые стратиформные месторождения той же формации распространены в фундаменте древних платформ (по границе Северо-Американской платформы и метаплатформы Колорадо-Вайоминг), в основании герцинского складчатого комплекса полициклических геосинклинально-складчатых систем (Сало в Пиренеях), в интрагеоантиклинальных поднятиях – герцинских (Тасманская складчатая система) и альпийских (Динарские Альпы). Важные месторождения расположены во внутренних массивах ранней консолидации (Акчатау в Жаман-Сарысуйском поднятии, Центральный Казахстан), в срединных массивах (Спокойненское в Агинском массиве).

Вольфрамовая формация скарновой и грейзеновой групп приурочена к тектоническим структурам, испытавшим разнонаправленные вертикальные движения (данные Ф.Э.Апельцына) часто к граничным разломам, и ассоциирует с плутонами, в которых имеются кроме биотитовых и лейкократовых гранитов, гибридные породы.

Золото-вольфрамовая формация расположена в фундаменте Северо-Американской платформы: плутоногенные (Иеллоунайф, Поркюпайн, Канада) – в блоке зеленокаменных пород древнейшей (AR) консолидации Канадско-Гренландского щита, вулканогенные – в зоне TMA (KZ) Прикордильерского периплатформенного прогиба Денвер. Хотя плутоногенные месторождения этой формации (Карибу, США) имеются и в геосинклинальном этаже складчатой системы Кордильер. Оруденение связано с плутонами габбро-плагиогранитной формации и образовалось в частной инверсии.

Золото-вольфрамовая формация березитовой группы встречается в интрагеосинклинальных прогибах, ассоциирует с соскладчатыми плутонами габбро-плагиогранитной или собственно плагиогранитной формации. Они расположены в структурах разной степени консолидации: в срединных

массивах (Кокчетавская глыба), в интрагеоантиклиналях (Березовское и др.), в осложняющих их грабенах, и горстах, осложняющих интрагеосинклинальные прогибы, в эв-, реже миогеосинклинальных структурно-формационных зонах.

Вулканогенные месторождения золото-вольфрамовой формации аргиллизитовой (?) группы, переходные к сурьмяно-вольфрамовой, размещены в зонах мезо- и кайнозойской ТМА, наложенной на антеклизы и приподнятые блоки, нарушенные многочисленными сбросами, в Прикордильерском передовом прогибе против широкой части складчатого пояса в зонах секущих рудоконцентрирующих разломов (Боулдер).

Из полиметаллически-вольфрамовых формаций медно-вольфрамовая формируется — на щитах в межкратонных складчатых зонах (Хетчес Крик, Австралия), в чехле древних платформ (?) по М.В.Муратову, например Агылки, Северо-Восток СССР, в миоинтрагеоантиклинальных (Хукама-рини, Мерседес, Боливия) и эвинтрагеосинклинальных зонах (Холтосон) складчатых систем, зеленокаменных провинциях, для которых  $Cu$  — профилирующий элемент, на островных дугах в приподнятых блоках фундамента (Асио, Япония) — в андезитовых поясах, в тех вулканических и терригенных провинциях (поясах), для которых характерны соответственно субэральные вулканы и интрузивные тела рудоносных комплексов среднего и основного состава. Повышенные содержания меди встречаются в плутогенных и вулканоплутогенных месторождениях W скарновой, кварц-турмалин-хлоритовой, серицит-кварцевой групп формаций.

Вольфрамовое оруденение встречается в вулканоплутогенных жильных свинцово-цинковых месторождениях в межгорных прогибах (Сан-Кристобаль в Альтиплано, Боливия).

Сурьмяно-вольфрамовая формация аргиллизитовой группы приурочена в основном к крупнейшим глобальным подвижным поясам фанерозоя. На платформах она выявлена в зонах ТМА (MZ—KZ) антеклиз (Лендьяси, Цзяннаня, КНР), плит и передовых прогибов (Хуландой, Северный Кавказ), а в геосинклинально-складчатых системах — в срединных массивах (Барун-Шивея, Забайкалье; Гюмюслер, Турция), интрагеоантиклиналях (Ново-Ивановское, Забайкалье) и в интрагеосинклинальных прогибах, вдоль зон глубинных разломов, разделяющих эти прогибы и поднятия (пояс месторождений Горной Рачи). Они образовались в терригенных и частично в карбонатных провинциях при сводовом воздымании территорий, сопровождавшемся раскалыванием земной коры, достигавшем, возможно, границы "базальтового" слоя, и быстрых вертикальных перемещениях блоков с амплитудами до нескольких километров. Эта формация может быть встречена в любом структурном этаже. Так, в Кордильерах Северной Америки самое крупное из этих месторождений — Атолия, США — находится в блоке ранних альпид в отложениях фундамента (AR), но мелкие проявления имеются, в отличие от месторождений вольфрама всех других формаций и их групп, в полно представленном нижней и верхней терригенными молассаами альпийском орогенном этаже. Эти месторождения не обнаруживают видимой связи с интрузивными телами или (изредка) ассоциируют с дайками пород среднего и основного состава нормальной щелочности — субвулканическими членами андезит-дацитовых комплексов.

В истории развития Земли эти месторождения формировались во время

альпийского тектоно-магматического цикла, обычно в кайнозое, изредка в верхнем мезозое (?), во время ТМА геоструктур и развития финального андезит-базальтового магматизма. Редкие месторождения той же формации, но скарноидной группы образовались в ранних геосинклиналях (AR), ассоциируют с базальтовыми проявлениями инциального магматизма.

Наконец отметим, что полиформационные рудные поля приурочены к стыкам структурно-формационных зон с разным режимом развития (Джидинское), к территориям с неглубоким залеганием фундамента, сложенного породами, резко контрастными по отношению к вмещающим, по составу, что определяет их отнесение к разным типам провинций (ряд скарново-грейзеновых месторождений КНР), или совмещением в рудном поле оруденения разных ассоциаций (плутонической и вулканоплутонической в Маунт-Плезант, Канада).

\* \* \*

В заключение покажем различия геолого-структурной позиции месторождений разных формаций, их групп и ассоциаций (таблица 10).

Т а б л и ц а 10

Геологоструктурная позиция месторождений вольфрама

Структурное положение	Положение относительно магматических тел, субсинхронных оруденению	Структурный этаж (ярус)	Тип рудных тел, в скобках – формация	Примеры месторождений
1	2	3	4	5
I. Плутоногенная ассоциация формаций				
В горизонтальном изгибе осей складок, осложненном продольными, поперечными и (или) диагональными разрывами	В эндо- и экзоконтактах гранитных плутонов	Миогеосинклинальный этаж, реже – субвулканические гранитные плутоны субаэральных вулканических поясов	Пологие и крутопадающие зоны грейзенов и жилы, редко – штокверки (Sn–W, Mo–W, Cu–W)	Иультин, Болса Негро, Блю Уинг, Спокойненское, Куу, Верхнее Кайракты, Хетчес Крик
В горизонтальном флексуробразном изгибе синклинальных структур	В экзоконтакте гранитного плутона	Миогеосинклинальный этаж	Жильно-штокверковые системы (W)	Богуты
В вертикальном изгибе осей складчатых сооружений в зоне поперечных разломов	В эндоконтактах гранитного плутона	Миогеосинклинальный этаж	Крутопадающие жилы в трещинах отрыва (Sn–W)	Месторождения Калбинского региона
В изгибах контактов гранитных плутонов	В контактовой зоне гранитного плутона	Миогеосинклинальный этаж	Крутопадающие зоны грейзенов и жилы (Mo–W)	Каинды, Осокинское

Т а б л и ц а 10 (продолжение)

1	2	3	4	5
В изгибах поясов малых интрузий жильной формы, приуроченных к граничным и другим разломам	В надынтрузивных и экзоконтактовых зонах гранитных плутонов, среди метаморфических толщ	Нижний ярус геосинклинального этажа в пределах субаэрального вулканического пояса или эвгеосинклинальный этаж	Крутопадающие зоны Грейзенов и жилы (Mo-W)	Байназар, Торговское
В грабенообразном опускании	В надынтрузивных зонах гранитных плутонов	Нижний ярус эв- или миогеосинклинального этажа	Пологие жилы (Sn-W, Au-W)	Панашкейра, Березовское, Гленорчи
На пересечении региональных разломов	В надынтрузивных зонах гранитных плутонов	Нижний ярус миогеосинклинального этажа	Штокверковые рудные тела (Mo-W) оперения разломов	Урзарсай, Токаревское, Казанцевское, Верхнее Кайракты
В зоне расланцевания, поперечной к складчатости	В экзоконтактах куполовидных выступов гранитного плутона	Нижний ярус эв- или миогеосинклинального этажа, чехол платформы	Крутопадающие жилы в трещинах отрыва, реже сколах (Sn-W)	Шанпинь, Клингта Хед
В месте изменения характера складчатости	В надынтрузивной зоне гранитного плутона  В эндо- или экзоконтактах Гранитных плутонов	Миогеосинклинальный	Крутопадающие жилы в трещинах отрыва (Sn-W)  Крутопадающие жилы в трещинах отрыва, реже — скола (Sn-W, Mo-W)	Тенкергин  Дурулгуевское, Барун-Ундур, Зун-Ундур, Антоновогорское, Алдакачан
Не пересечении продольного и поперечного глубинных разломов в брахиантиклинали, осложняющей пологую моноклиналъ	В экзоконтакте выступа плутона гранитов, залегающего в ядре брахиантиклинали	Миогеосинклинальный этаж	Крутопадающие, реже пологие жилы в трещинах отрыва, редко трубчатые вела оруденелой брекчии Sn-W	Иультин Крамат Пулаи
На пологом крыле крупной антиклинали, сложенной мелкими изоклинальными складками	В экзо-, частично в эндоконтакте гранитного плутона	Нижний ярус эвгеосинклинального этажа	Крутопадающие жилы в трещинах отрыва и скола (W)	Кти-Теберда
В местах сочленения регио-	В крутопадающих тектони-	Геосинклинальный этаж	Пологие жилы в трещинах отры-	Букука, Белуха

Т а б л и ц а 10 (окончание)

1	2	3	4	5
нальных сбросов или надвигов с разрывами иного направления	ческих контактах гранитных плутонов и в эндоконтактах		ва и крутопадающие жилы в трещинах скола (Mo-W)	
В месте погружения шарнира антиклинали, на пересечении интрагеоантиклинального поднятия поперечными глубинными разломами, разобщающими блоки разновременной консолидации	Среди метасадочных пород в надынгузивных (?) зонах гранитных плутонов	Миогеосинклинальный этаж	Крутопадающие жилы в трещинах (Sn-W)	Чикоте, Ками, Амутара (Боливия)
II. Вулкано-плутоническая ассоциация формаций				
В резком изгибе простирающихся складчатых систем	В гранитных штоках вулкано-плутонических комплексов, надынгузивных зонах	Нижний ярус эвгеосинклинального этажа и магматические породы орогенного этажа	Пологие и крутопадающие жилы в трещинах отрыва и скола, штокверки, трубчатые тела и брекчиевые, зоны и гнезда вкрапленных руд (Mo-W, W)	Джида, Булуктай
В приразломном прогибе, наложенном на антиклинорий и заполненном терригенно-вулканогенными отложениями	В экзоконтакте гранитного плутона	Чехол платформы	Крутопадающие жилы и штокверки (Sn-W, W)	Ляньхуашань, Икар
В зонах граничных глубинных разломов на их пересечении с поперечными	В штоках гранитов вулкано-плутонических комплексов и их экзоконтактовых зонах	Нижний ярус эвгеосинклинального этажа и магматические породы орогенного этажа	Пологие и крутопадающие жилы в трещинах отрыва и скола (частью сопряженных), грибовидные штокверки, трубчатые брекчиевые тела, зоны и гнезда вкрапленных руд (Mo-W, W)	Джида, Булуктай

1. Месторождения вольфрама подразделены нами по структурным условиям становления синхронных оруденению магматических комплексов на три ассоциации рудных формаций, условно названные плутонической, вулканоплутонической и вулканической [54, 55, 53]. В последние годы ассоциации формаций выделены и для месторождений других металлов. Теоретическое значение такого подразделения в том, что вводит систему в изучение и позволяет методически правильно сопоставлять месторождения разных формаций и их групп, месторождения, представленные рудными телами разных морфоструктурных и минеральных типов, строить их латеральные и возрастные ряды, создает возможность прогнозировать новые типы их и проследивать закономерности размещения. Такое подразделение месторождений способствует созданию системы более эффективных прогнозных, поисковых и оценочных признаков на оруденение.

2. Каждая ассоциация представлена определенным рядом морфоструктурных и минеральных типов рудных тел и околорудных метасоматитов [54, 56]. От одной ассоциации к другой проявлена тенденция возрастания количества стадий минерализации, максимального вертикального интервала оруденения – соответственно до 600, до 1000, до 1200 м. Эти ассоциации связаны с различными магматическими формациями и с магмами разной глубины зарождения. Проявлена тенденция уменьшения глубины образования месторождений от плутонической ассоциации к вулканической. Но глубинность рудоотложения как главный критерий систематизации месторождений быть не может, вследствие невозможности ее определения современными методами исследования, по причине перекрытия глубин образования разных ассоциаций рудных формаций, недискретности глубинности. Относительную глубину образования руд следует учитывать при сопоставлении месторождений одной ассоциации.

Проявляется тенденция возрастания глубины распространения оруденения, как и глубинности источников магмы, в ряду: плутоническая – вулканоплутоническая – вулканическая ассоциация рудных формаций. В пределах одной ассоциации формаций та же тенденция проявляется от магматических месторождений к постмагматическим, в возрастных рядах морфоструктурных типов рудных тел от ранних к поздним членам [56], от эндо-к экзоконтактовым. Глубины распространения оруденения одного морфоструктурного типа возрастают от складчатых областей к щитам. Различна и глубина распространения оруденения разных формаций в пределах одной ассоциации, что зависит от набора типов рудных тел, которым представлена данная рудная формация и от физико-химических условий рудоотложения.

Физико-химические условия образования оруденения различаются от одной ассоциации к другой [22, 54]. В пределах одной ассоциации они различаются в зависимости от рудной формации [22]. В пределах одной рудной формации эти условия зависят от морфоструктурного типа рудных тел и его залегания в эндо- или экзоконтакте. Известны также различия физико-химических условий рудоотложения в месторождениях, относящихся к разным группам формаций и в зависимости от относительной глубины образования руд, в пределах одной группы и ассоциации рудных формаций. Для прогнозов оруденения важно, что наиболее перспективное оруденение соответствует оптимальной для данного типа оруденения температуре [56]. В свою очередь, физико-химические условия образования руд месторождений сходной формационной принадлежности различаются в зависимости от геотектонического положения месторождения и типа рудной провинции, в которой оно расположено.

3. Разные ассоциации рудных формаций образуются в различных геотектонических, геодинамических, геолого-структурных, физико-химических условиях. Плутоническая ассоциация соответствует орогенной стадии развития геосинклиналей и ранним этапам гранитоидной ТМА, поэтому она, как и калиевые граниты, приурочена к положительным структурным элементам. На ее размещение влияют структурные элементы коры континентального типа — платформ, складчатых областей и областей ТМА, размещение зон Беньофа. Она встречается на древних платформах в фундаменте, на молодых — также в фундаменте, а в областях ТМА — и в чехле, в складчатых областях — в положительных структурных элементах раннего заложения, местами на простирании инверсировавших в палеозое авлакогенов соседних древних платформ. Рудные пояса протяженные, обычно согласные со складчатыми структурами, следуют вдоль разломов в фундаменте или и в верхних структурных этажах. Геолого-структурная позиция месторождений часто определяется контактами плутонов, осложнениями их поверхности, шпикативными структурами кровли, размещением подводящих каналов магм. Нередко расположение ассоциации контролируется одним структурным этажом или складчатым комплексом.

Вулкано-плутоническая ассоциация формаций образуется на позднем и посторогенном этапе развития геосинклиналей или на позднем этапе орогенной ТМА, за редкими исключениями, лишь в Тихоокеанском и Альпийско-Гималайском больших глобальных подвижных поясах, то есть, по границам герцинских мегаструктур земной коры — Лавразии и Гондваны. На ее размещение влияют более глубинные, возможно верхнемантийные структуры, связанные со структурами океанической коры. Месторождения расположены нередко на простираниях линейных океанических поднятий, находящихся на границах океанических плит, на продолжении или в местах выклинивания рифтовых зон или в самих рифтоподобных желобах, на пересечении интрагеоантиклиналей системами глубинных разломов, секущих переходную зону океан — континент. Она встречается в зонах глубинных разломов, разграничивающих древние или молодые платформы и их складчатое обрамление или структурно-формационные зоны последних, активизированных в мезо- или кайнозое, над гравитационными ступенями на границах блоков с разной мощностью земной коры или ее слоев, на скрещении глубинных разломов против клиновидных выступов древних континен-

гальных платформ или океанических плит. Она имеется в складчатых областях, подвергшихся в мезо-кайнозое, реже в верхнем палеозое гранитоидной или базальтоидной ТМА. Залегает в складчатых областях в каледонском или герцинском этаже, на древних платформах – в фундаменте.

Вулканическая ассоциация находится в областях проявления поздних этапов базальтоидной ТМА древних платформ и складчатого обрамления. Она встречается лишь в Тихоокеанском и Альпийско-Гималайском подвижных поясах, исключая древнейшее оруденение в Родезийском кратоне. Находится на территориях, подвергшихся в мезо-кайнозое быстрому и значительному воздыманию, в зонах глубинных разломов, разобщающих разновозрастные складчатые системы, вдоль интрагеоантиклиналей, на простираниях трансформных разломов. Встречается и в отрицательных структурах, в том числе заложенных на позднегеосинклинальных стадиях развития. В отличие от двух упомянутых выше ассоциаций, встречается и вне ореолов развития магматических пород и контактового метаморфизма.

4. Предлагается различать типы металлогенических провинций по ассоциациям формаций – магматических (структурно-магматические типы провинций) и литологических (литологические типы провинций). Структурно-магматический тип провинций (плутонический, вулканоплутонический, вулканический) определяется структурными условиями становления интрузивных тел синхронных оруденению магматических комплексов определенной металлогенической эпохи или фазы. Поисковые, прогнозные и оценочные признаки на вольфрам в этих провинциях различны.

Типизация рудных провинций по структурно-магматическому признаку имеет достоинства по сравнению с принятыми по геохимическим типам магматизма (салические, фемические и т.д.): она дает дополнительную информацию о геодинамическом режиме становления рудоносных магматических комплексов, условиях рудоотделения и образования рудовмещающих структур и руд. Выделение структурно-магматических типов рудных провинций является основой для прогноза, поисков и оценки оруденения на соответствующих территориях.

Литологический тип провинций – офиолитовый, терригенный, карбонатный, порфиоровый определяется ассоциацией литологических формаций геосинклинальных, платформенных, орогенных структурного этажа или складчатого комплекса, вмещающего рудно-магматические системы рассматриваемой металлогенической эпохи. Рудно-магматические системы могут быть автохтонными залегать в том же структурном этаже, складчатом, платформенном или орогенном комплексе, к которому они относятся, и аллохтонными – залегать в более древнем структурном этаже или комплексе.

Типизация металлогенических провинций по литологическим формациям несет информацию о составе и свойствах пород слоистых толщ, влияющих на металлогенический облик провинции и на состав и физико-механические свойства среды, в которой осуществляется рудоотделение и рудоотложение. В каждом рудном поясе и провинции большинство месторождений несут общие черты, характерные для пояса и провинции данного типа, а уникальные по масштабам месторождения либо полиформационные, либо несут аномальные петрологические, минералогические или геохимические черты.

Намеченные нами типы провинций сходны с таковыми, выделенными Е.А.Радкевич. Но в нашей систематике принимается во внимание не суммарная геохимическая характеристика магматизма (фемический, салический и другие типы), а раздельная для стратифицированных толщ и интрузивных магматических комплексов — рудоносных и нерудоносных. Преимущество предлагаемых принципов систематизации металлогенических провинций и в их большей конкретности, поскольку выделение типов провинций строится на формационной основе, учитываются и формации, и их естественно-исторические сообщества — ассоциации. Принимаются во внимание структурные условия становления рудоносного магматического комплекса, определяющие набор и сочетание морфоструктурных типов рудных тел, их залегание, протяжение на глубину, величину, минеральный состав, структуры и текстуры руд, зональность оруденения. Составленная нами карта размещения ассоциаций рудных формаций позволяет прогнозировать эти ассоциации и рекомендовать для прогноза, поисков и оценки месторождений систему признаков, специфичных для каждого типа рудных провинций. Прогнозирование типов зональности и вертикального протяжения оруденения следует вести с учетом различия не только размещения каждой ассоциации рудных формаций, но и геологоструктурной позиции, морфоструктурных и минеральных типов рудных тел.

5. Металлогенические провинции геосинклинально-складчатых, платформенных или орогенных областей ТМА принято подразделять по приуроченности к фундаменту, геосинклинальному, платформенному или орогенному этажу. Нами показана необходимость учитывать складчатые, платформенные или орогенные структурно-вещественные комплексы, соответствующие определенным тектоническим циклам. Приведенные принципы систематизации пригодны для металлогенических провинций, расположенных не только в геосинклинально-складчатых областях, но и на платформах и в областях ТМА. Рудно-магматические системы каждой металлогенической провинции приурочены, в основном, к одному структурному этажу, наиболее экономически важные — к одному складчатому, платформенному или орогенному комплексу. Структурный этаж или комплекс, к которому преимущественно приурочено оруденение данной рудной провинции, мы называем рудоконцентрирующим.

6. Размещение месторождений вольфрама любой формационной принадлежности в любой структурной единице земной коры, любом структурном этаже или комплексе определяется структурами и составом фундамента — границами блоков древнейшей стабилизации, которые окаймляются рудными поясами, или стыками двух-трех и более блоков фундамента.

7. Массовое образование месторождений вольфрама, как и других литофильных металлов, началось в протерозое, после появления глубинных разломов, прохождения геосинклинального развития, образования земной коры континентального типа, т.е. формирования гранитного и осадочно-метаморфического слоев. Наиболее перспективная на вольфрам металлогеническая эпоха — верхний мезозой-кайнозой. Наиболее перспективные территории находятся в северном полушарии — в больших глобальных металлогенических поясах, претерпевших полициклическое геосинклинальное и активизационное развитие и отличавшихся в позднем мезозое и кайнозое интенсивной тектоно-магматической активностью.

1. Алявдин В.Ф. Материалы к генетической классификации эндогенных вольфрамовых рудопоявлений Северо-Востока СССР. — Бюл. ВСЕГЕИ. М.: Госгеолтехиздат, 1961.
2. Амшинский Н.Н., Козлов А.М. Новый тип вольфрамового оруденения и его место в структуре Горного Алтая. — Тр. Сиб. НИИ геофизики и минер. сырья, 1974, вып. 198, с. 57–61.
3. Апелъцин Ф.Р., Лугов С.Ф., Павлов Е.С. Геологические предпосылки и методы поисков скрытого оловянного и вольфрамового оруденения. — В кн.: Состояние и пути дальнейшего совершенствования методов поисков скрытых (слепых) рудных тел свинцово-цинковых, золото-серебряных, медных, оловянных и вольфрамовых месторождений. М.: Недра, 1978.
4. Апелъцин Ф.Р., Павлов Е.С. Разработка критериев прогнозирования и оценки вольфрамовых месторождений. — В кн.: Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых: Экспресс-информация. М.: ВИЭМС, 1979, № 5.
5. Барабанов В.Ф. Минералогия вольфрамитовых месторождений Восточного Забайкалья. Л.: Изд-во ЛГУ, 1960, т. 1, 1975, т. 2.
6. Беляевский Н.А. Строение земной коры континентов по геолого-геофизическим данным. М.: Недра, 1981.
7. Бескин С.М., Ларин В.Н., Марин Ю.Б. Редкометалльные гранитовые формации. Л.: Недра, 1979.
8. Богатиков О.А., Борсук А.М., Дмитриев Ю.И. и др. Магматические формации в эволюции литосферы. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1984, № 1.
9. Быбочкин А.М. Месторождения вольфрама и закономерности их размещения. М.: Недра, 1965.
10. Вольфрамовые месторождения, критерии их поисков и оценки. М.: Недра, 1980.
11. Быховер Н.А. Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. М.: Госгеолтехиздат, 1963.
12. Воеводин В.Н., Гарань В.И., Житков Н.Г. и др. Вольфрамовое оруденение в листовниках Тамватнейского рудного узла. — Геология руд. месторождений, 1979, № 3, с. 43–56.
13. Вольфсон Ф.И., Лукин Л.И. О методике геолого-структурного анализа закономерностей размещения рудных полей эндогенных месторождений. — В кн.: Литологические и структурные факторы локализации оруденения в рудных районах. М.: Недра, 1964.
14. Вольфсон Ф.И., Лукин Л.И. Особенности локализации оруденения в различных структурных этапах. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1965, № 10.
15. Геология месторождений олова зарубежных стран. М., Недра, 1969.
16. Геология Монгольской Народной Республики. М.: Недра, 1977, т. 3.
17. Геологическая среда и структурные условия гидротермального рудообразования. М.: Наука, 1982.
18. Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1978.
19. Денисенко В.К. Месторождения вольфрама. М.: Недра, 1978.
20. Дружинин А.В. Структурно-геологические позиции рудных полей и месторождений вольфрама, олова и молибдена Восточного Забайкалья. — Тр. Ун-та дружбы народов

- им. Патриса Лумумбы, 1968, вып. 38.
21. *Иванов Ю.Г.* Геохимические и минералогические критерии поисков вольфрамового оруденения. М.: Недра, 1974.
  22. *Иванова Г.Ф.* Геохимические условия образования вольфрамитовых месторождений. М.: Наука, 1972.
  23. *Изох Э.П.* Оценка рудоносности гранитоидных формаций в целях прогнозирования. М.: Недра, 1978.
  24. *Казанский В.И.* Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. М.: Недра, 1972.
  25. *Казанский В.И., Лавров Н.П., Тугаринов А.И.* Эволюция уранового рудообразования. М.: Атомиздат, 1978.
  26. *Козеренко В.Н.* Эндогенная металлогения. М.: Недра, 1981.
  27. *Колотухина С.Е., Первухина А.Е., Рожанец А.В.* Геология месторождений редких элементов Африки. М.: Наука, 1964.
  28. *Колотухина С.Е., Клаповская Л.И., Рожанец А.В.* Геология и экономика месторождений редких элементов Австралии. М.: Наука, 1974.
  29. *Котляр В.Н.* Металлогения и прогноз рудообразования. М.: Недра, 1983.
  30. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые. Л.: Недра, 1978.
  31. *Кучукова М.С., Исмаилов М.И., Рахмедов У.* Эндогенные формации вольфрама. — В кн.: Эндогенные рудные формации Узбекистана. Ташкент: Фан, 1966, т. 1.
  32. *Левицкий О.Д.* Геология рудных месторождений Забайкалья. М.: Наука, 1964.
  33. *Лугов С.Ф., Макеев Б.В., Потапова Т.М.* Закономерности формирования и размещения оловорудных месторождений Северо-Востока СССР. М.: Недра, 1972.
  34. *Лугов С.Ф., Покровский С.Д., Бреслер С.М.* и др. Геологоструктурные особенности южной части Балтийского щита и перспективы поисков оловянных и вольфрамовых руд. — Сов. геология, 1969, № 4.
  35. *Лукьянов И.И., Ким-Мин Себ, Лим Пон Йон* и др. Полезные ископаемые Кореи. — В кн.: Геология Кореи. Недра, 1964.
  36. *Малиновский Е.П.* Условия формирования вольфрамовых месторождений в районах с различной геологической историей. — В кн.: Особенности структур гидротермальных рудных месторождений. М.: Наука, 1968.
  37. *Малиновский Е.П., Игнатович В.И.* Структура Инкурского вольфрамового штокверка. — Геология руд. месторождений, 1962, № 2.
  38. *Матвеевко В.Т.* О вольфрамовом оруденении Северо-Востока СССР. — Геология руд. месторождений, 1959, № 1.
  39. *Матвеевко В.Т.* Северо-Восток СССР. — В кн.: Основные закономерности размещения месторождений полезных ископаемых на территории СССР. М.: Наука, 1968, т. 4.
  40. Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений. Л.: Изд-во ЛГУ. Т. 1. 1967; Т. 2. 1971; Т. 3. 1975.
  41. *Моралев В.И., Ткачева Р.Э.* Докембрийские шеелитоносные тактиты и некоторые новые аспекты металлогении вольфрама. — Тр. Н.-и. лаб. геологии зарубеж. стран. 1975, вып. 29.
  42. *Овчинников Л.Н., Крикунова Л.М., Максимюк И.Е.* Геология и состав руд Тоссорского вольфрамомарганцевого месторождения (Северный Тянь-Шань). — Геология руд. месторождений, 1979, т. 21, № 1, с. 48–61.
  43. *Омельяненко Б.И.* Околорудные гидротермальные изменения пород. М.: Недра, 1978.
  44. *Онтоев Д.О.* О продолжительности формирования некоторых сульфидно-вольфрамитовых и силикатно-сульфидно-касситеритовых месторождений Забайкалья. — В кн.: Проблемы эндогенного рудообразования. М.: Наука, 1974.
  45. *Отрощенко Д.В., Крикунова Л.М.* Генетические особенности марганцево-вольфрамового оруденения в Северном Тянь-Шане. — Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1975, № 4.
  46. *Петровская Н.В.* Роль минералогии в разработке таксономической системы гидротермальных рудных месторождений. — Геология руд. месторождений, 1982, № 3.
  47. *Повилайтис М.М.* Основные черты минералогии Джидинского молибдено-вольфрамового место-

- рождения. — Тр. ИГЕМ АН СССР, 1960, вып. 24.
48. *Повилайтис М.М.* Новые данные о гранитоидных телах с ритмично-зональным строением. — Геология руд. месторождений, 1961, № 5.
  49. *Повилайтис М.М.* О ритмичной зональности некоторых гранитоидных тел. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1961, № 2.
  50. *Повилайтис М.М.* Явления фельдшпатизации в рудном поле гранитного массива Куу (Центральный Казахстан). — Геология руд. месторождений, 1961, № 2.
  51. *Повилайтис М.М.* К проблеме генезиса ритмично-зональных гранитоидных тел и связи с ними молибденового и вольфрамового оруденения. — Геология руд. месторождений, 1966, № 2.
  52. *Повилайтис М.М.* Особенности месторождений вольфрама в зависимости от типов металлогенических провинций. — В кн.: Вопросы региональной геологии и металлогении Забайкалья. Чита: Забайк. фил. Геогр. о-ва СССР, 1968, вып. 4.
  53. *Повилайтис М.М.* Систематика геотектонических структурных единиц, несущих вольфрамовое оруденение. — В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971.
  54. *Повилайтис М.М.* Закономерности размещения и формирования месторождений вольфрама. М.: Наука, 1975.
  55. *Повилайтис М.М.* К разработке научных основ прогнозирования эндогенных месторождений вольфрама. — Геология руд. месторождений, 1979, № 6.
  56. *Повилайтис М.М.* Эндогенные месторождения вольфрама и условия их образования. М.: Недра, 1979.
  57. *Повилайтис М.М.* Вольфраморудные формации и закономерности их размещения. М.: Наука, 1981.
  58. Поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений вольфрама. М.: Недра, 1983.
  59. *Покровский П.В., Грабеев А.И.* Явления околотрещинного метасоматоза в породах рудных полей вольфрамовых месторождений Боевско-Виктимировской рудной зоны. — В кн.: Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала. Свердловск, 1971 (Тр. Второго урал. петрогр. совещ.; Вып. 4).
  60. Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. Т. 1.
  61. *Радкевич Е.А.* Особенности распределения вольфрама в главнейших типах структурно-фациальных зон. — В кн.: Минералогия и геохимия вольфрамовых месторождений. М.: Изд-во ЛГУ, 1975.
  62. *Радкевич Е.А.* Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977.
  63. *Радкевич Е.А.* Металлогения Тихоокеанского рудного пояса. — В кн.: Металлогения Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1982.
  64. *Рейф Ф.Г., Бажеев Е.Д.* Магматический процесс и вольфрамовое оруденение. Новосибирск: Наука, 1982.
  65. *Розов Б.С.* Минерально-сырьевая база вольфрама капиталистических и развивающихся стран и ее использование. М.: Недра, 1971.
  66. *Руб М.Г., Павлов В.А., Гладков Н.Г., Яшухин О.И.* Оловоносные и вольфрамоносные гранитоиды некоторых регионов СССР. М.: Наука, 1982.
  67. Рудные провинции и генетические типы месторождений олова и вольфрама. Новосибирск: Наука, 1975.
  68. Рудные формации эндогенных месторождений. М.: Наука, 1976.
  69. Рудоносность континентальных вулканических поясов. М.: Недра, 1982.
  70. *Рундквист Д.В., Бергер В.И., Марков К.А.* Принципы и методы специального прогнозно-металлогенического анализа. — Сов. геология, 1980, № 5.
  71. *Рундквист Д.В., Денисенко В.К., Павлова И.Г.* Грейзены и грейзеновые месторождения мира. Л.: Наука, 1971.
  72. *Рундквист Д.В., Марков К.А., Неженский И.А.* Методы количественного прогнозирования при региональных металлогенических исследованиях. Л.: ВСЕГЕИ, 1979.
  73. *Сотников В.И., Никитина Е.И.* Молибдено-редкометалльно-вольфрамовая (грейзеновая) формация Горного Алтая. Новосибирск: Наука, 1971.
  74. Стадийность и зональность гидротермальных месторождений как

- индикаторы геологических условий их образования. М.: Наука, 1979.
75. Степанов Г.Н. Минералогия, петрография и генезис скарново-шеелит-сульфидных месторождений Дальнего Востока. М.: Наука, 1977.
  76. Структуры рудных полей и месторождений вольфрама, молибдена и олова. М.: Недра, 1983.
  77. Смолянский Е.Н., Батурина Е.Е. О перспективах поисков и локальном прогнозировании месторождений молибдена и вольфрама в Джидинском рудном районе. — В кн.: Геология и полезные ископаемые Бурятии. Улан-Удэ, Бурят. кн. изд-во, 1983.
  78. Томсон И.Н., Полякова О.П., Кочнева Н.Т. Структурное положение рудных районов Юго-Восточного Забайкалья. — Сов. геология, 1970, № 10.
  79. Условия образования и критерии поисков промышленных вольфрамовых месторождений Забайкалья. — М.: Недра, 1967.
  80. Флеров Б.Л., Индолев Л.Н., Яковлев Я.В., Бичус Б.Я. Геология и генезис оловорудных месторождений Якутии. М.: Наука, 1971.
  81. Четырбоцкая И.И. Вольфрамит как индикатор и новый источник танталового сырья. М.: Недра, 1972.
  82. Чичинадзе К.И. Металлогения Горной Рачи и Сванетии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945.
  83. Шабынин Л.И. Рудные месторождения и формации магнезиальных скарнов. М.: Недра, 1974.
  84. Щеглов А.Д. О некоторых особенностях формирования ртутно-сурьмяно-вольфрамовых месторождений Забайкалья. — Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1959, ч. 88, вып. 1.
  85. Щеглов А.Д. К вопросу о классификации вольфрамовых месторождений. — Тр. Всесоюз. н.-и. геол. ин-та. НС, 1964, т. 104.
  86. Щеглов А.Д. Металлогения областей автономной активизации. М.: Недра, 1968.
  87. Щеглов А.Д. Металлогения срединных массивов. Л.: Недра, 1971.
  88. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. М.: Недра, 1980.
  89. Щеглов А.Д., Буткевич Т.В. Месторождения вольфрама. — В кн.: Рудные месторождения СССР. М.: Недра, 1974, т. 3.
  90. Щерба Г.Н. Формирование редкометальных месторождений Центрального Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960.
  91. Щерба Г.Н., Сенчило Н.П., Кудряшов А.В., Ершов Б.В. Геология и редкометальное оруденение Южного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1968.
  92. Эндогенные рудные формации. М.: Наука, 1976. Т. 1, 2.
  93. Ahlfeld F. The Bolivian tin belt. — Econ. Geol., 1936, vol. 21, N 1, p. 48–72.
  94. Ahlfeld F. The Chicote tungsten deposit, Bolivia. — Econ. Geol., 1945, vol. 40, N 6.
  95. Ahlfeld F. Epithermale Wolframlagerstätten in Bolivien. — Neues Jb. Miner., 1938, Bd. 74, H. 1, S. 1–19.
  96. Ahlfeld F. Zinn und Wolfram: Die metallischen Rohstoffe. Stuttgart, 1958, Bd. 11, 212 S.
  97. Ahlfeld F. Metallogenetic epochs and provinces of Bolivia. — Miner. deposits, 1967, vol. 2, N 4, p. 291–311.
  98. Allan J.C., Smith G.A., Lewis R.I. The Panasqueira mines, Portugal: Wolfram mining and milling labour organization. — Trans. Inst. Mining and Met., 1950, vol. 56, p. 211–291.
  99. Allen C.C., Folinsbel R.E. Scheelite veins related to porphyry intrusives, Hollinger mine. — Econ. Geol., 1944, vol. 39, N 5, p. 340–348.
  100. Anderson A.L. Tungsten mineralization at the Ima mine, Blue Wing district, Lemhi County, Idaho. — Econ. Geol., 1948, vol. 43, N 3, p. 181–206.
  101. Baumann L., Donath E., Kretzschmer E. Beiträge zur Tektonik und Paragenese der Wolframitlagerstätte Pechtelgrün. — Freiberg. Forschungsh. C, 1964, Bd. 181, S. 7–35.
  102. Bentzen E.H., Wiener L.S. Scheelite discovered in certain soapstone deposits in the Blue Ridge of Madison County, North Carolina. — Econ. Geol., 1973, vol. 68, p. 703–707.
  103. Blanchard R. Some pipe deposits of Eastern Australia. — Econ. Geol., 1947, vol. 42, N 3, p. 265–304.
  104. Bloor C., Wolf L.C.M. Geological features of the Panasqueira tin-tungsten ore-occurrence (Portugal). — Bol. Soc. geol. portug., 1953, vol. 11, N 1, p. 1–48.
  105. Bolduan H. Geologie und Genese der Zinn-Wolframitlagerstätten Geyer (Erz-

- gebirge). – Freiberg. Forschungsh. C, 1963, Bd. 167.
106. *Bolduan H., Lächelt A., Malasek F.* Zur Geologie und Mineralisation der Lagerstätte Zinnwald (Cinovec). – Freiberg. Forschungsh. C, 1967, Bd. 218, S. 35–52.
  107. *Brigo L., Omenetto P.* Scheelite-bearing occurrences in the Italian Alps: Geotectonic and lithostratigraphic setting. – In: Mineral deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe. B. etc., 1983. (Spec. Publ. Soc. Geol. Appl. Miner. Deposits; N 3).
  108. *Butler B.S., Vanderwilt J.W.* The Climax molybdenum deposit, Colorado. – Bull. US Dep. Inter. Geol. Surv., 1935, N 846-C.
  109. *Callaghan E., Lemmon D.M.* Tungsten resources of the Blue Wing district, Lemhy County, Idaho. Wash.: Gov. print. off., 1941. Pt III. 21 p.
  110. *Cannon R.S., Grimaldi J.R., Grimaldi F.S.* Scheelite-powellite minerals of the Seven Devils district, Idaho (Abstr. of Pap.). – Econ. Geol., 1941, vol. 36, N 8, p. 839–840.
  111. *Carmignani L., Cortecci G., Dessau G.* et al. The antimony and tungsten deposit of Villasalto in South-Eastern Sardinia and its relationship with Hercynian tectonics. – Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt., 1978, Bd. 58, S. 163–188.
  112. *Cerveira A.* Relacoes entre os jazigos gipogenicos portugueses de ouro e de tungstenio. – Bol. Soc. geol. Portug., 1952(1953), vol. 10, p. 133–144.
  113. *Chakravorty P.S., Ghosh K.P.* Wall rock alteration at Bankura tungsten deposits, West Bengal. – Quart. J. Geol., Mining and Met. Soc. Ind., 1971, vol. 43, N 1, p. 21–28.
  114. *Chauris L., Guigues J.* Gites mine-raux de la France. – Mem. BRGM, 1969, vol. 1, N 74.
  115. *Clark A.H.* Preliminary study of the temperatures and confining pressures of granite emplacement and mineralisation Panasqueira, Portugal. – Bull. Inst. Mining and Met., 1964, N 694; Trans. Inst. Mining and Met., 1963–1964, vol. 73, N 12, p. 813–824.
  116. *Clegg E.L.G.* MIMM notes on tin and wolfram with description of the tin and wolfram deposits of Birma and India. – Rec. Geol. Surv. India, 1944, vol. 76, p. 168.
  117. *Cloflica G., Vlad S., Iosof V., Panican A.* Scheelite occurrences in the Bihor Massif. – Geologie, 1976, Bd. 20, N 2, S. 169–179.
  118. *Cole J.W., Bailey H.D.* A tungsten mine in Idaho. – Mining Mag., 1948, vol. 79, N 1/2.
  119. *Cooper J.R.* Geology of the tungsten, antimony and gold deposits near Stibnite, Idaho. – Geol. Surv. Bull., 1951, N 969-F, p. 151–197.
  120. *Dagger G.W.* Genesis of Mount Pleasant tungsten-molybdenum-vismuth deposit, New Brunswick, Canada. – Trans. Inst. Mining and Met. B, 1972, vol. 81, p. 73–102.
  121. *Davidson E.H.* Handbook of Cornish geology. – Trans. Roy. Geol. Soc. Cornwall, 1926.
  122. *Davis S.G.* Mineralogy and genesis of the wolframite ore deposits, Needle Hill Mine, new territories, Hong Kong. – Econ. Geol., 1961, vol. 56, N 7, p. 1238–1249.
  123. *Derré C.* Caractéristiques de la distribution des gisements à etain et tungstène dans l'Quest de l'Europe. – Miner. deposita, 1982, vol. 17, N 1, p. 55–57.
  124. *Dewey H.* The mineral zones of Cornwall. – Geol. Assoc. Proc., 1926, vol. 36.
  125. *Dines H.G.* The metalliferous mining region of South West England. L., 1956. 508 p.
  126. *Edwards A.B., Baker G., Callow K.J.* Metamorphism and metasomatism at King Island scheelite mine. – J. Geol. Soc. Austral., 1956, vol. 3, p. 55–98.
  127. *Erickson M.P., Sharp B.J.* Disseminated scheelite in the Little Cottonwood stock, Utah. – Econ. Geol., 1954, vol. 49, N 2, p. 221–223.
  128. *Evrard P.* Aspects particuliers du wolfram du gisement des Montmins (Allier France). – Ann. geol. Belg., 1950, vol. 74, N 1/3, p. 33–44.
  129. *Fisher D.J.* Hübnerite from Kendall, Montana. – Amer. Miner., 1930, vol. 15, N 3, p. 104–108.
  130. *Foster R.P.* Solubility of scheelite in hydrothermal chloride solutions. – Chem. Geol., 1977, vol. 20, N 1, p. 27–45.
  131. *Frisch W.* Scheelit Lagerstätten in Zentral-Afrika und in den Ostalpen ein genetischer Vergleich. – Anz. Österr. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl., 1972, Bd. 109, N 1/14, S. 324–333.
  132. *Gabert G., Vinken R.* Die Scheelit-

- lagerstätte Sang-Dong (Sudkorea), ihre Genese und ihr geologisch-tektonischer Rahmen. – Geol. Rdsch., 1965, Bd.54, N 2, S. 906–925.
133. *Gagny C., Leistel J.M., Sider H.* Le skarn a scheelite de Cherves: Un exemple d'indice controle par la tectonique tangentielle sudete dans le Beaujolais (NE du Massif central francais). – Chron. mines. et rech. miniere, 1983, N 471, p. 23–30.
134. *Garnett R.H.T.* Distribution of Cassiterite in vein tin deposits. – Bull. Inst. Mining and Met., 1966, vol. 75, N 720.
135. *Garnett R.H.T.* Relationship between tin content and structure of lodes at Geevor mine, Cornwall. – Trans. Inst. Mining and Met., B, 1966, vol. 75.
136. *Geffroy J., Lafforgue P.* Presence de scheelite dans un filon aurifere pres d'Ambazac (Haute-Vienne). – Bull. Soc. fran. miner. et cristallogr., 1957, vol. 80, N 7.
137. *Gianella W.P.* Epithermal Hübnerite from the Monitor district, Alpine County, California. – Econ. Geol., 1938, vol. 33, N 3, p. 339–348.
138. *Goodwin W.P.* An Australian scheelite industry. – Mining Mag., 1947, vol. 76, N 2, p. 89–91.
139. *Grant J.N., Halls Ch., Solinas W.A., Snelling N.J.* K-Ar ages of igneous rocks and mineralization in part of the Bolivian tin belt. – Econ. Geol., 1979, vol. 74, p. 838–851.
140. *Gundlach H., Thormann W.* Versuch einer Deutung der Entstehung von Wolfram und Zinnlagerstätten. – Ztschr. Dt. geol. Ges., 1960, Bd. 112, T. 1, S. 1–35.
141. *Hallenstein C.P., Pedersen J.L.* Scheelite mineralization in Central East Greenland. – Miner. deposita, 1983, vol. 18, p. 315–333.
142. *Harzer D.* Isotopengeochemische Untersuchungen ( $^{18}\text{O}$  und  $^{13}\text{C}$ ) and hydrothermalen Mineralen aus Ganglagerstätten der DDR. – Freiberg. Forschungsh., 1970, S. 247.
143. *Hazenbush G.C.* Geology of the Starbright tungsten mine, San Bernardino County, California. – Cal. J. Mines and Geol., 1952, vol. 48, N 3, p. 201–206.
144. *Hess F.L.* Tungsten in 1931. – In: Mineral resources of the US. 1931, pt 1, p. 43–50.
145. *Höll R.* Genese und Altersstellung von Vorkommen der Sb-W-Hg-Formation in der Türkei und Chios/Griechenland. – Abh. Bayer. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl. N.F., 1966, H. 127, S. 118.
146. *Hosking K.F.* Primary ore deposition in Cornwall. – Trans. Roy Geol. Soc. Cornwall, 1951, vol. 18.
147. *Hsu Ke-Chin.* Tungsten deposits of Southern Kiangsi, China. – Econ. Geol., 1943, vol. 38, N 6, p. 431–474.
148. *Hsu Ke-Chin.* Discovery of pyrometamorphic scheelite deposits near a wolframite producing district in Southern China and a discussion about the origin of these two classes of deposits. – Acta geol. sinica, 1957, vol. 37, N 2, p. 117–151.
149. *Hübner H.* Molybdenum and tungsten occurrences in Sweden. – Sver. geol. unders. Ca, 1971, N 46.
150. *Humphrey F.L., Wyatt M.* Scheelite in feldspathized granodiorite at the Victory mine, Gabbs, Nevada. – Econ. Geol., 1958, vol. 53, N 1, p. 38–64.
151. Important tungsten discovery in North Carolina. – Eng. and Mining J., 1943, vol. 144, N 9.
152. Investigaciones preliminares sobre tectonica y metallogenesis en las Cordilleras Real y Quimsa Cruz. – Bol. Serv. geol. Bolivia, 1968, N 9.
153. *Jahns R.H.* Beryllium and tungsten deposits of the Iron Mountain district, Sierra and Socorro Counties, New Mexico. – Bull. US Dep. Inter. Geol. Surv., 1944, N 945-C.
154. *Imai H., Kim M.S., Fujuki Y., Takenouchi S.* Geologic structure and mineralization of the hypothermal or pegmatitic tungstentins veins in Japan. – In: Metallization associated with acid magmatism. Prague, 1974, vol. 1.
155. *Kaaden G. van der.* On the genesis and mineralization of the tungsten deposit Uludag, Province of Bursa – Turkey. – Bull. Miner. Res. and Explor. Inst. Turkey, 1958, N 50, p. 33–42.
156. *Kear D.* Mineralization at Castleandinas wolfram mine, Cornwall. – Trans. Inst. Mining and Met., 1951–1952, vol. 61, pt 4, p. 129–140.
157. *Kelly Wm.C., Turneure F.S.* Mineralogy, paragenesis and geothermometry of the tin and tungsten deposits of Eastern Andes, Bolivia. – Econ. Geol., 1970, vol. 65, N 6, p. 609–680.
158. *Kenny J.P.L. and B.C.E.* The Womobi-

- Wolfram mine, Thologolong. — Mining and Geol. J., 1947, vol. 3, N 2, p. 27–28.
159. *Kenny J.P.L.* and *B.C.E.* Mount Murphy wolfram mine. — Mining and Geol. J., 1948, vol. 3, N 4.
  160. *Kerr P.F.* Tungsten mineralization at Oreana, Nevada. — Econ. Geol., 1938, vol. 33, N 4, p. 390–427.
  161. *Kerr P.F.* Tungsten-bearing manganese deposits at Golconda, Nevada. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1940, vol. 51.
  162. *Kerr P.F.* Tungsten mineralization in the United States. Baltimore (Md), 1946. 241 p. (Geol. Soc. Amer. Mem.; N 15).
  163. *Klepper M.R.* Sandong tungsten deposits, Korea. — Econ. Geol., 1947, vol. 42, N 5, p. 465–477.
  164. *Landis G.P.*, *Rye R.O.* Geologic, fluid inclusion and stable isotope studies of the Pasto Buena: Tungsten-base metal ore deposit, Northern Peru. — Econ. Geol., 1974, vol. 69, N 7, p. 1025–1059.
  165. *Li K.C.*, *Wang C.J.* Tungsten. N.Y., 1947.
  166. *Loomis F.B.* Boulder County tungsten ores. — Econ. Geol., 1937, vol. 32, p. 952–963.
  167. *Lovering T.S.* The origin of the tungsten ores of Boulder County. — Econ. Geol., 1941, N 3, p. 229–279.
  168. *Lovering T.S.*, *Tweto O.* Geology and ore deposits of the Boulder County tungsten district, Colorado. — Prof. Pap. Geol. Surv., 1953, N 245, p. 199.
  169. *Lukin L.I.*, *Korin I.S.*, *Krawtschenko G.G.* et al. Die strukturellen Verhältnisse der Erzbildung. — Ztschr. angew. Geol., 1971, Bd. 17, H. 4.
  170. *Magnee J.de*, *Aderca B.* Contribution a la connaissance du Tungsten belt rouandais. — Mem. Acad. roy. sci. outre-mer, 1960, vol. 11, fasc. 7, p. 3–56.
  171. *Maufe H.B.* Tungsten ores in Southern Rhodesia. Salisbury, 1918. 25 p. (Short rep. South Rhodesia Geol. Surv.; N 4); Repr. 1924.
  172. *Munds W.H.*, *Ewoldt H.B.*, *Cohen C.J.* A tungsten find in North Carolina. — Eng. and Mining J., 1944, vol. 145, N 8.
  173. *Mutch A.R.* The scheelite resources of the Glenorchy district, West Otago. — N.Z. Geol. Surv. Rep., 1969, N 40, p. 88.
  174. *Nakamura Takeshi*, *Aikawa Nobuyuki* Stannoidite-canfieldite association as related to vein mineralization at the Ashio copper mine, Japan. — J. Geosci. Osaka City Univ., 1973, N 16; *PKGeo*, 1973, t. 12B, c. 192.
  175. *Noble J.A.* Metal provinces of the Western United States. — Bull. Geol. Soc. Amer., 1970, vol. 81, p. 1807–1624.
  176. *Noble J.A.* Metallogenic provinces of the Cordillera of Western North and South America. — Miner. deposita, 1976, N 11, p. 219–233.
  177. *Page L.R.* Tin and tungsten deposits at Silver Hill, Spokane County, Washington. — Bull. US Dep. Inter. Geol. Surv., 1939, N 931-H.
  178. *Petruk Wm.* The tungsten-bismuth-molybdenum deposit of Brunswick Tin Mines Limited: Its mode of occurrence, mineralogy and amenability to mineral beneficiation. — Canad. Mining and Met. Bull., 1973, vol. 66, N 732.
  179. *Pohl W.* Zur Geologie der Wolframlagerstätte Bugarama, Rwanda, Afrika. — Jb. geol. Bundesanstalt, 1976, Bd. 119, H. 2, S. 129–149.
  180. *Reedman A.J.* Partly remobilised syngenetic tungsten deposit at Nyamallo mine. — Overseas Geol. and Miner. Resour., 1973, N 41, p. 101–107.
  181. *Redinha J.S.* Contribution a l'etude geochemique des wolframites portugaises. — In: C.r. 19 sess., Congr. geol. intern. Alger, 1952, fasc. 12, p. 225–365.
  182. *Roderts R.J.* The Rose Creek tungsten mine, Renshing County, Nevada. — Bull. US Inter. Geol. Surv., 1943, N 940-A.
  183. *Ruitenberg A.A.* Metallization episodes related to tectonic evolution, Rolling Dam and Mascarene-Nerepis Belts, New Brunswick. — Econ. Geol., 1972, vol. 67.
  184. *Schneider-Soherbina A.* Zur Geologie Boliviens. — Neues Jb. Geol. und Paläontol., 1963, H. 1, S. 38–42.
  185. *Simpson E.S.* Minerals of Western Australia. — Perth Observ. Commun., 1951, vol. 2, N 8, p. 675.
  186. *Stanciu C.* Procese de transformare hidrotermala in zacamintele Herja si Baia Sprie — munii Gutii. — Stud. tehn. si econ. A, 1973, N 9; *PKGeo*, 1975, t. 7, c. 42.
  187. *Štemprok M.* Prispevek ke genesi rudniho loziska Cinovec v Krušných horach. — Vestn. Unstred. ústavu geol., 1958, sv. 33, N 4, s. 270.

188. *Štemprok M.* On the genesis of the ore deposit of Cinovec (Zinnwald). — In: 21st Intern. geol. Congr. Copenhagen, 1960, pt 16, p. 43–53.
189. *Štemprok M.* Vertical zoning of mineralization in the Cinovec (Zinnwald) granite massif: Genetic problems of ores. — In: Report of the twenty second session, India, New Delhi, 1964, p. 649–660.
190. *Štemprok M.* On the relation of tin-tungsten-molybdenum ore deposition to granites. — Contrib. Geol. and Petrol. Cryst. Complexes, 1966, vol. 3, p. 163–183.
191. *Štemprok M.* Continuity or discontinuity of processes leading to wall rock alterations? — In: Problems of hydrothermal ore deposition, Schweizerbart. Stuttgart, 1970, p. 355–358. (Intern. Union Geol. Sci. A; N 2).
192. *Strauss D.S.* The geology and mineral deposits of the Potgietersrus tin-fields. — Union S. Afr. Dep. Mines Geol. Surv. Mem. 1954, N 46.
193. *Superceanu C.* Contributiuni la paragenezele scheelitelul si wolframitului din zacaminul de minereuri complexe de la Baia Spric. — Rev. minelor, 1957, vol. 8, N 9.
194. *Szadeszky-Kardoss E.* On the determination of the depth of crystallization of igneous rocks and magmatic ore deposits. — Acta geol. Acad. sci. hung., 1957, vol. 20, N 3/4, p. 341–360.
195. *Tanelli G.* Geological setting, mineralogy and genesis of tungsten mineralization in Dayu district, Jiangxi (Peoples Republic of China). — Miner. deposita, 1982, vol. 17, N 2, p. 279–295.
196. *Tepleman H.W., Low A.P., Haanel E.* Report on the tungsten ores of Canada. Ottawa: Parmelee, 1909, N 25–50, p. 22.
197. *Thickstun A.* A new tungsten area in California. — Eng. and Mining J., 1943, N 7.
198. Tin and tungsten deposits of Silver Hill, Spokane County, Washington. — Rocks and Miner., 1941, vol. 16, N 10, p. 371.
199. *Turneaure F.S., Welker K.K.* The ore deposits of the eastern Andes of Bolivia, The Cordillera Real. — Econ. Geol., 1947, vol. 42, N 7, p. 595–625.
200. *Tweto O.* Scheelite in the Boulder district, Colorado. — Econ. Geol., 1947, vol. 42, N 1, p. 47–56.
201. *Tweto O., Case J.E.* Gravity and magnetic features as related to geology in the Leadville 30 minute quadrangle, Colorado. — Geol. Surv. Profess. Pap., 1972, N 726-C, p. 1–31.
202. *Urban H.* Zur Kenntnis der Schlichtgebungen den Wolfram-Molybdan-Vererzung im Orsdalen (Rogaland), Norwegen. — Miner. deposita, 1971, vol. 6, N 3, p. 177–195.
203. *Varlamoff N.* Succession des mineralizations stanniferes et wolframiferes au Maniema. — Ann. Soc. geol. Belg., 1958, Nb/9, p. 275–281.
204. *Varlamoff N.* Contribution a l'etude de la metallogenie des mineralisations wolframiferes du Tibesti (Republique du Tchad). — Bull. Acad. roy. sci. outre-mer, 1960, vol. 6, N 2.
205. *Walker T.L.* Report on the tungsten ores of Canada. Ottawa, 1909.
206. *Wallace S.R., MacKenzie W.B., Blair R.G., Muncaster N.K.* Geology of the Urad and Henderson molybdenite deposits, Clear Creek County, Colorado, with a section of a comparison of these deposits with those at Climax, Colorado. — Econ. Geol., 1978, N 3, p. 325–369.
207. *Wallace S.R., Muncaster N.K., Johnson D.C.* et al. Multiple intrusion and mineralization at Climax, Colorado. — In: Ore deposits of the United States. 1967, pt 5, chap. 29, p.
208. *White W.A.* Tungsten deposit near Townsville, North Carolina. — Amer. Miner., 1945, vol. 30, N 3/4.
209. *Willard B.* Geology of the tungsten district of Boulder Country, Colorado. — Mines Mag., 1942, vol. 32, N 1.
210. *Willbourn E.S., Ingham F.T.* The geology of the scheelite mine, Kramat Pulai Tin Limited, Kinta, Federated Malay States. — Quart. J., 1933, vol. 89, pt 4, N 356, p. 449–479.

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
<b>Глава I</b>	
<b>ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ, ИХ ГРУПП И АССОЦИАЦИЙ В СТРУКТУРАХ ЗЕМНОЙ КОРЫ . . . . .</b>	<b>6</b>
I. Северная Америка . . . . .	9
Северо-Американская платформа . . . . .	9
Кордильерский подвижный пояс . . . . .	18
II. Европа . . . . .	26
Восточно-Европейская платформа . . . . .	26
Атлантический подвижный пояс . . . . .	34
Альпийско-Гималайский подвижный пояс . . . . .	35
III. Азия . . . . .	53
Сибирская платформа . . . . .	54
Урало-Монгольский подвижный пояс . . . . .	55
Тихоокеанский подвижный пояс (северо-западный сектор) . . . . .	82
Альпийско-Гималайский подвижный пояс . . . . .	115
IV. Южная Америка . . . . .	118
Южно-Американская (Бразильская) платформа . . . . .	119
Подвижный пояс Анд . . . . .	123
V. Африкано-Аравийский континент . . . . .	132
Африкано-Аравийская платформа . . . . .	132
VI. Индостанский субконтинент . . . . .	143
VII. Австралия . . . . .	143
Австралийская платформа . . . . .	143
Тихоокеанский подвижный пояс (юго-западный сектор) . . . . .	152
<b>Типы вольфраморудных провинций . . . . .</b>	<b>158</b>
Структурно-магматические типы рудных провинций . . . . .	159
Литологические типы рудных провинции . . . . .	161
Сопоставление вольфрамового оруденения металлогенических провинций разных типов . . . . .	179

## Глава II

<b>ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОЛЬФРАМА . . . . .</b>	<b>185</b>
Вольфрамовое оруденение структур земной коры разных рангов и типов	185
Платформы . . . . .	185
Закономерности размещения месторождений вольфрама в фундаменте, чехле и орогенном этаже древних платформ . . . . .	195
Фанерозойские геосинклинально-складчатые системы и молодые платформы . . . . .	196
Закономерности размещения месторождений вольфрама в фундаменте, геосинклинальном и орогенном этаже складчатых систем фанерозоя . . . . .	208
Закономерности размещения месторождений вольфрама на молодых платформах . . . . .	210
Сравнение оруденения одной формации, расположенного на платформах и в геосинклинально-складчатых областях фанерозоя . . . . .	216
Типы разломов, к которым приурочены вольфрамоворудных формаций, их групп и ассоциаций . . . . .	216
Деформационные структуры других типов, контролирующие размещение вольфрама симметрии и асимметрии земного шара . . . . .	217
Влияние на размещение месторождений вольфрама симметрии и асимметрии земного шара . . . . .	218

## Глава III

<b>ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ, ИХ ГРУПП И АССОЦИАЦИЙ . . . . .</b>	<b>224</b>
Место вольфрамоносных магматических комплексов в эволюции магматизма подвижных поясов . . . . .	224
Вольфрамовое оруденение геосинклинального этапа . . . . .	224
Вольфрамовое оруденение орогенного этапа развития эпигеосинклинальных подвижных областей . . . . .	231
Ассоциации рудных формаций . . . . .	232
Группы рудных формаций . . . . .	238
Вольфрамоворудные формации . . . . .	253
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .</b>	<b>259</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА . . . . .</b>	<b>263</b>

4345

Сопоставление вольфрамового ору  
денения соседних тектонических  
структур или структур одного типа  
позволяет показать, на какие руд-  
ные формации их группы и ассоциа-  
ции перспективны структуры дан-  
ного типа, какие поисковые крите-  
рии "работают" в их пределах. В  
книге теоретически обоснована сис-  
тема дифференцированных принци-  
пов прогноза поисков и оценки  
месторождений вольфрама в гео-  
тектонических структурах разных  
рангов, соответствующих разным  
этапам и стадиям эволюции земной  
коры, в рудных провинциях раз-  
ных типов.

