

ЗОЛОТО В “ЧЕРНЫХ СЛАНЦАХ” УРАЛА

© 2011 г. **В. Н. Сазонов***, **В. А. Коротеев***,
В. Н. Огородников**, **Ю. А. Поленов****, **А. Я. Великанов****

**Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, пер. Почтовый, 7
E-mail: koroteev@igg.uran.ru*

***Уральский государственный горный университет
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30*

Поступила в редакцию 02.02.2011 г.

Вплоть до 60-х годов XX в. Урал со своей золоторудной базой, основывающейся на объектах золотокварцевого типа и россыпных месторождениях, занимал одно из ведущих мест в мире и первое в нашей стране. С открытием двух крупных золоторудных месторождений прожилково-вкрапленного типа в образованиях черносланцевой формации (Бакырчик – 1953 г., Мурунтау – 1958 г.) значимость Урала как ведущей золоторудной провинции стала резко снижаться. Поиски месторождений, подобных названным в черных сланцах, проведенные на Урале в 60–70 гг., положительных результатов не дали. Необходимость сохранения (и укрепления) золоторудной базы нашего региона обусловила продолжение поисков на любые нестандартные типы (стандартный – золотоносные кварцевые жилы) золотого оруденения. И положительные результаты были получены – открыты такие месторождения, как Воронцовское, Светлинское, Березняковское, Новогоднее (Монто) и др. На сегодня на Урале имеются перспективные на золотое оруденение площади с тремя уровнями концентрации Au, *первый* характеризуется субкларковым содержанием золота и наличием его мелких малой интенсивности аномалий; *второй* отличается содержанием Au на уровне “промежуточных” коллекторов или “базовых” формаций, по А.А. Сидорову, которые формируются при развитии метаморфизма на уровне зеленосланцевой фации в породах вулканогенно-осадочного комплекса, и характеризуются аномалиями с содержанием золота до 1 г/т; *третий* обусловлен коллизионными гранитоидами тоналит-гранодиоритовой формации, специализированными на Au, Cl и S, черные сланцы в такой ситуации являются одной из составляющих комплекса рудовмещающих пород. Авторы полагают, что перспективные на золото черносланцевого типа площади на Урале располагаются на его западном склоне, где известно золотое оруденение *сухоложского* типа. Для оценки реальной значимости таких площадей, на них следует провести комплексные геолого-геофизические исследования с целью составления карт глубинного геологического строения. Черные сланцы обуславливают не более 25% золота, содержащегося в рудных телах; большая часть его поступает из глубинного источника, имеющего в крупных объектах мантийную природу. Эти сланцы, кроме того, являются благоприятным материалом для постройки структурных ловушек. Для образования крупных золоторудных месторождений в шовных зонах важнейшими являются два параметра – непрерывное действие разломов в период проявления метаморфизма зеленосланцевой фации и после этого и обязательное наличие гранитоидов (непосредственно в рудных полях или под ними), в веществе которых участвует мантийная составляющая.

Ключевые слова: *черный сланец, минерация золота, рифтогенно-коллизионная тектоническая структура, промежуточный коллектор золота, интрузивный и надинтрузивный тип месторождения.*

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

До 60-х годов XX в. золото в нашей стране (России, СССР, РФ) в основном добывалось из россыпей и, в меньшей мере, из коренных объектов кварц-жильного типа. С указанного момента ситуация стала резко меняться. Сначала (1953 г.) в Западном Казахстане найдена группа золоторудных месторождений прожилково-вкрапленного типа, среди них гигант – Бакырчик [2]. Несколько позже (1958 г.) было открыто разведано и начало эксплуатироваться месторождение золота “черносланце-

вой” формации Мурунтау (Западный Узбекистан) [2, 11, 14, 19, 21, 24–27, 31, 32, 34, 38, 50, 53, 56, 57 и др.]. Поиски на золото в стране стали ориентироваться на эти объекты как эталоны.

На Урале поиски таких объектов, несмотря на то, что они проводились широким фронтом, начиная от месторождения Кварцевая гора (Средний Урал, Пермская область) до месторождения Авзян (Башкортостан, Южный Урал), в течение почти 10 лет (1960–70-е гг.) положительных результатов не дали [38]. В связи с этим, финансирование на коренное золото по региону было резко сокраще-

но. По освоению россыпей на всех стадиях эффект был положительным. Поиски на Востоке РФ привели к открытию ряда золоторудных месторождений-гигантов, среди которых числятся такие объекты, как Олимпиада (запасы + ресурсы – 650 т, в 2006 г. здесь добыто более 40 т Au) и Сухой лог (запасы + ресурсы – 3 тыс. т) [14, 19, 21, 24 и др.]. Подчеркнем принципиальный факт – месторождения-гиганты были найдены в структурах различных геодинамических обстановок (зоны рифтогенеза, активные континентальные окраины, наложенные краевые вулcano-плутонические пояса и др.) [14, 17–19, 21, 24–27, 30–33, 38, 41, 43, 47, 52, 55, 56, 59 и др.]. Кроме “черных” сланцев (содержат золотоносные “первичный пирит” и углеродистое вещество), вмещающими породами таких месторождений являются вулканы, гранитоиды (диориты), карбонатные и другие породы [1–4, 11, 16, 17, 23, 25, 30–34, 41, 43, 46, 52]. Последнее послужило основой для возобновления в 80-х годах XX в. поисков на Урале коренного золота, но уже не только “черносланцевого” (“мурунтауского”), а любого нетрадиционного, названного обобщающим термином “прожилково-вкрапленное”. В результате практически за десятилетие открыт ряд довольно значительных (запасы с ресурсами составляют от 30 до 120 т) месторождений – Муртыкты, Светлинское, Воронцовское, Березняковское). Все эти месторождения характеризуются полигенностью, полихронностью, длительностью формирования (до 60–80 млн. лет), нередко двойным источником рудообразующего флюида и золота [4, 5, 22–24, 31 и др.].

В настоящее время идет отработка ряда месторождений “черносланцевой” формации. Например, на Олимпиаде годовая добыча этого металла составляет 50 т, это почти 1/3 от его годовой добычи в РФ. Готовится к эксплуатации Наталкинское месторождение этого типа, запасы золота которого составляют 1500 т. Конечно же, поражает воображение месторождение Сухой лог, где запасы равны 3 тыс. т [19 и др.]. Не менее поразителен факт, что на Олимпиаде используются современные технологии извлечения золота, позволяющие сопряжено извлекать из золотой упорной руды наряду с золотом и платиноиды [27, 31 и др.].

Заканчивая вводную часть статьи, полагаем необходимым подчеркнуть следующее. Согласно материалам, приведенным в [27], в восточной части нашей страны на сегодня официально числится 100 площадей, перспективных для выявления крупных и средних золоторудных месторождений, преимущественно в связи с черными сланцами. На Урале пока таких площадей не обнаружено. К тому же отметим, что согласно данным, показанным на рис. 1, по запасам Au Восточносибирско-Дальневосточная часть РФ существенно превосходит Уральский регион. И это притом, что на этом рисунке не учтены результаты последнего перерасчета запасов по

Сухому логу (увеличение составило 1000 т) и Наталке, а также тот факт, что среди запасов уральского золота (рис. 1) львиную долю составляют запасы золотосодержащих колчеданных месторождений. В связи со сказанным, основную задачу настоящей статьи мы видим в том, чтобы проанализировать имеющиеся материалы с целью выяснения объективных причин сложившейся ситуации.

ЗОЛОТОРУДНЫЕ ОБЪЕКТЫ-КОЛОССЫ КАК ЭТАЛОНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЧЕРНОСЛАНЦЕВОГО ТИПА

В этой части работы рассмотрим три золоторудных объекта этой формации, являющиеся гигантами по запасам золота, но различающиеся значительно по геодинамической позиции, составу пород рудовмещающего комплекса, возрасту и др.

Месторождение Сухой лог

Нижеследующее описание этого объекта основывается на материалах работ [19, 21, 27, 31, 35, 55, 58, 59]. Месторождение расположено в Ленском золотоносном районе (Забайкальская часть Сибири) среди многих десятков золоторудных объектов существенно более мелкомасштабных по запасам (ресурсам) золота (рис. 2). Оно на сегодня в РФ является наиболее крупным золоторудным объектом черносланцевой формации. Месторождение локализуется в сложной синклинальной складке, принадлежащей Байкало-Патомской субрегиональной структуре и сложенной терригенными и терригенно-карбонатными породами (R_2). Рудоносная зона (включает несколько рудных тел) расположена в тектонически ослабленной полосе, локализуемой в ядерной части запрокинутой на ЮЗ антиклинали и представленной обогащенными органическим углеродом (0.8–2.5 мас. %) терригенными породами (рис. 3). Среднее содержание Au в рудах 1.5–10.0 г/т, интервал вариаций этого параметра – 0.5–20.0 г/т. Важнейшая особенность золотых руд Сухого лога – присутствие платиноидов (рис. 4). Ресурсы PGE объекта оцениваются в 2 тыс. т. В.К. Неверовым и др. в 2004 г. (см. в [21]) выделены конседиментационный, катаметагенический и метаморфогенно-метасоматический этапы формирования объектов *сухоложского* типа. Суть этих этапов раскрывается ниже при характеристике модели образования месторождений сухоложского типа черносланцевой формации. Этапы, близкие к охарактеризованному для развития Сухого лога, выделяются и другими исследователями (см. подробнее об этом в [19]). Принципиально важно подчеркнуть, что в [19] установлена движущая сила третьего этапа – это энергия и вещественная субстанция гранитоидного плутона, локализуемого под месторождением. Кроме того, в этой работе приведены реперные даты

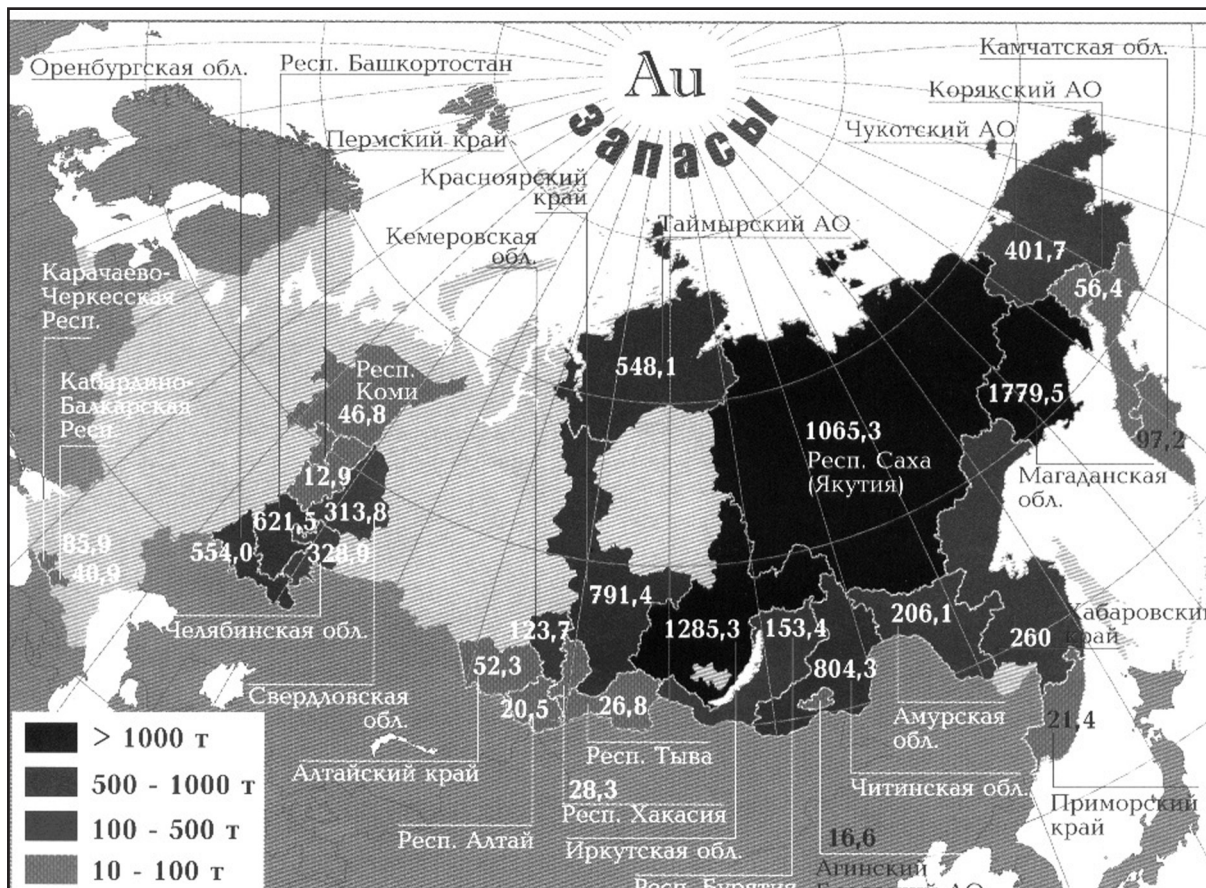


Рис. 1. Распределение балансовых запасов золота по субъектам РФ, по [40].

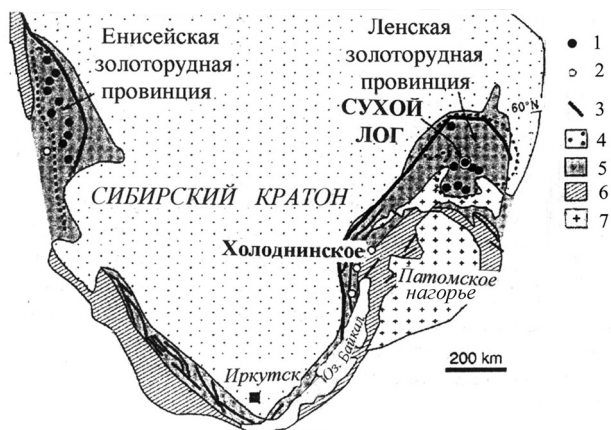


Рис. 2. Контроль Ленской и Енисейской золоторудных провинций рифтогенными зонами, развившимися в краевой части Сибирского кратона, и разломами (шовными зонами), по [58] с незначительными изменениями.

1 – золоторудные месторождения, сопряженные с черными сланцами; 2 – свинцово-цинковые стратиформные месторождения; 3 – основные разломы (надвиги); 4 – Сибирский кратон; 5 – средне- и позднепротерозойские пассивные окраины; 6 – средне- и позднепротерозойские аккреционные образования; 7 – позднепротерозойские и палеозойские граниты.

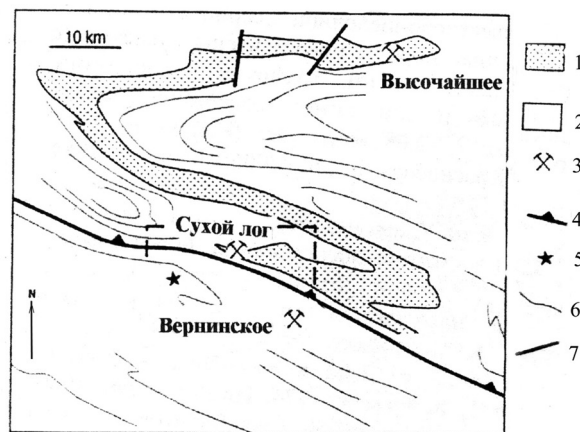


Рис. 3. Характер распространения пород хомолхинской свиты (включает черные сланцы) в Центральной части Ленской золоторудной провинции, контролирующей развитие разномасштабного золотого оруденения кварц-жильного и прожилково-вкрапленного типов, по [58].

1 – хомолхинская формация: черные сланцы, алевролиты, мелкозернистые песчаники; 2 – нерасчлененная толща – черные сланцы, алевролиты, известняки; 3 – золоторудные месторождения; 4 – надвиг; 5 – граниты; 6 – тренды основных плективных структур; 7 – сбросо-сдвиги.

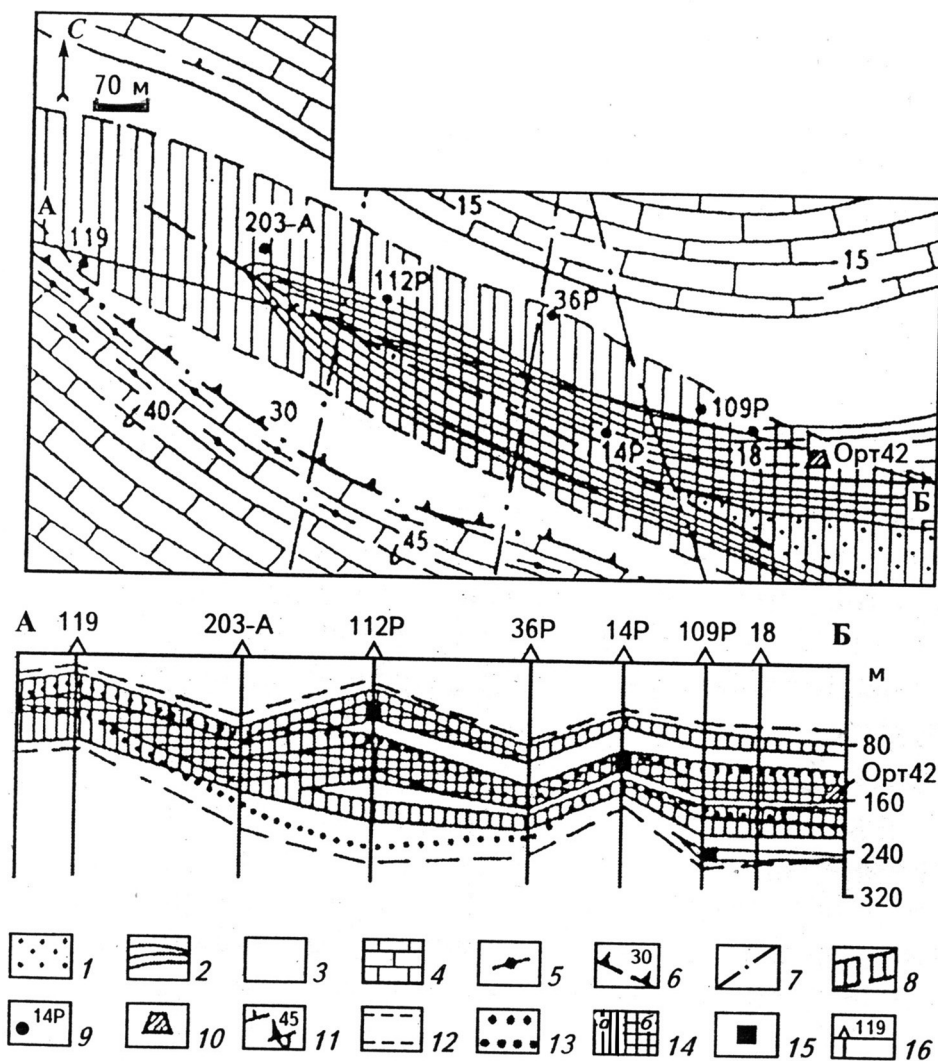


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая характер развития в пространстве зоны сульфидной минерализации и положения в последней золотого и платиноидного оруденения, по [21].

1–3 – отложения хомолхинской свиты (R): нижней (1), средней (2) и верхней (3) пачек; 4 – известняки имнянской свиты (R); 5 – зона “Радостная” с интенсивно проявленными окварцеванием и милонитизацией; 6 – надвиг; 7 – сбросы и взбросы; 8 – гидротермально-метасоматические сульфиды; 9 – скважины, керн которых проанализирован на платиноиды; 10 – штольня; 11 – элементы залегания пород. А–Б – линия геологического разреза, 12–16 (только для разреза): 12 – границы развития сульфидов; 13 – границы золоторудного тела (выделены по данным опробования); 14 – зона развития платиноидной минерализации с бедными (а) и богатыми (б) рудами; 15 – пробы, в которых проведена заверка содержания платиноидов и установлены формы нахождения их в рудах; 16 – скважины и их номера.

становления Сухого лога (в млн. лет): 800 – образование черносланцевой терригенной толщи; 650–570 – катагенетическая и метаморфическая трансформация последней; 440–450 – рудообразование (над гранитоидным плутоном и при подтоке мантийного флюида); 320–270 – постскладчатый магматизм (с участием ремобилизации вещества).

Заканчивая описание Сухого лога, приведем свежие материалы, полученные С.Г. Кражевым и др. [35], суть которых состоит в следующем. В сухоложской черносланцевой толще име-

ются горизонты, обогащенные золотосодержащим гидротермально-осадочным пиритом. Эти данные подтверждают вывод более ранней работы [58]. В [35] полагается, что ранний пирит мог быть источником S и As – агентов переноса с перераспределением Au в метаморфогенно-гидротермальной системе. Следует подчеркнуть, что золото первого этапа, сосредоточенное в пирите, невидимое (показано многими авторами). Во втором и третьем этапе оно становится видимым (механизм, как это происходит, подробно изучен и охарактеризован в [24]).

Месторождение Наталкинское

Характеризуется по материалам В.И. Гончарова и др. [14], В.Г.Шахтырова [52] и, отчасти, незначительным по объему оригинальным данным. Открыто в 1944 г., в следующем году, параллельно с разведкой, началась его эксплуатация. Долгое время месторождение отрабатывалось как кварц-жильное. В настоящее время оно переведено в ранг золотых крупнотоннажных. Главных отличительных черт у месторождения две: первая – низкое (2.18 г/т) содержание золота в рудах, вторая – огромный объем руды. Их совместное “действие” обуславливает экономически выгодную обработку этого объекта.

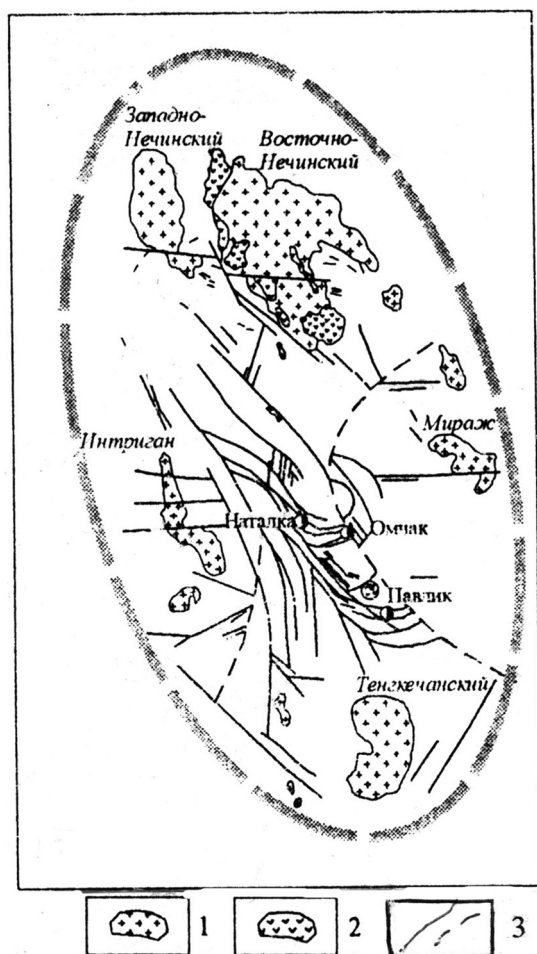


Рис. 5. Схема строения Омчакской овално-купольной структуры, диагональными разломами (элементы дуплекса) двух генераций которой контролируются золоторудные месторождения, по [52] с незначительными дополнениями.

1 – граниты и диориты, 2 – эффузивные и субвулканические породы среднего и кислого состава, 3 – разрывные нарушения.

Расположено месторождение в 390 км к северу от г. Магадана, в пределах южной части Индигиро-Колымской региональной структуры. Отличительная черта последней – высокая насыщенность массивами гранитоидов, которые принимают участие в строении овално-купольных тектонических структур (рис. 5). Месторождение приурочено к сочленению субмеридионального и диагонального разломов дуплексной шовной зоны (рис. 6). Такой вывод получен в результате интерпретации региональной структуры, в которой локализуется объект (его геолого-тектонической позиции), представленной в работе [52]. Месторождение представляет собой линейный кварцевый мегаштокверк, ори-

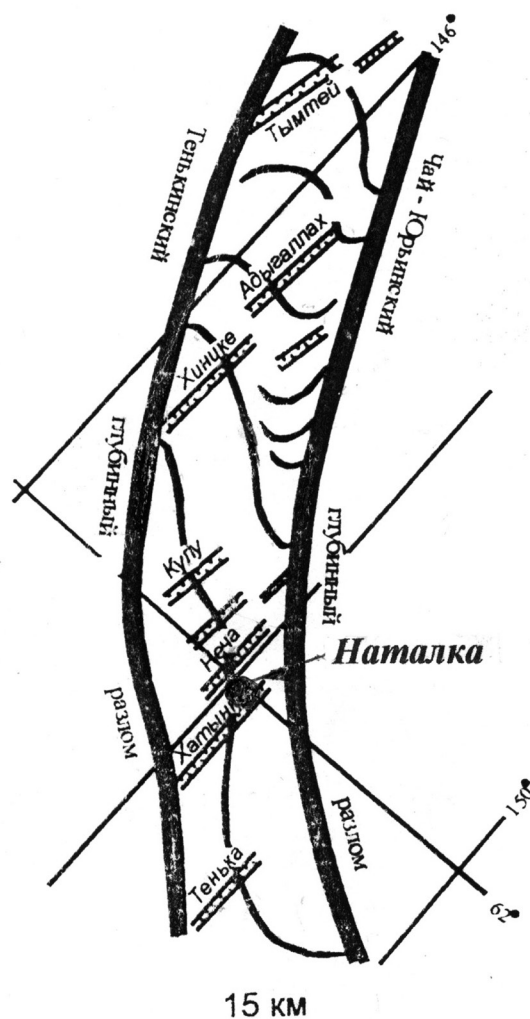


Рис. 6. Дуплексный характер шовной зоны двухэтапного развития, контролирующей диагональными разломами золотое оруденение, в том числе Наталкинское месторождение, по [52] с незначительными дополнениями.

Пояснения в тексте.

ентировка которого на севере – северо-западная, в центральной части – субмеридиональная, а на юге – юго-восточная.

Месторождение локализуется в верхнепермских отложениях, представленных песчанистыми аргиллитами, диамиктитами, туфогенными сланцами, а

также флишоидными песчаниками, алевролитами и аргиллитами (рис. 7). На месторождении отчетливо проявлены литогеохимические ореолы золота и мышьяка, а также вольфрама, сурьмы и ряда других элементов. В рудах месторождения содержатся платиноиды. Выделение границ рудного тела

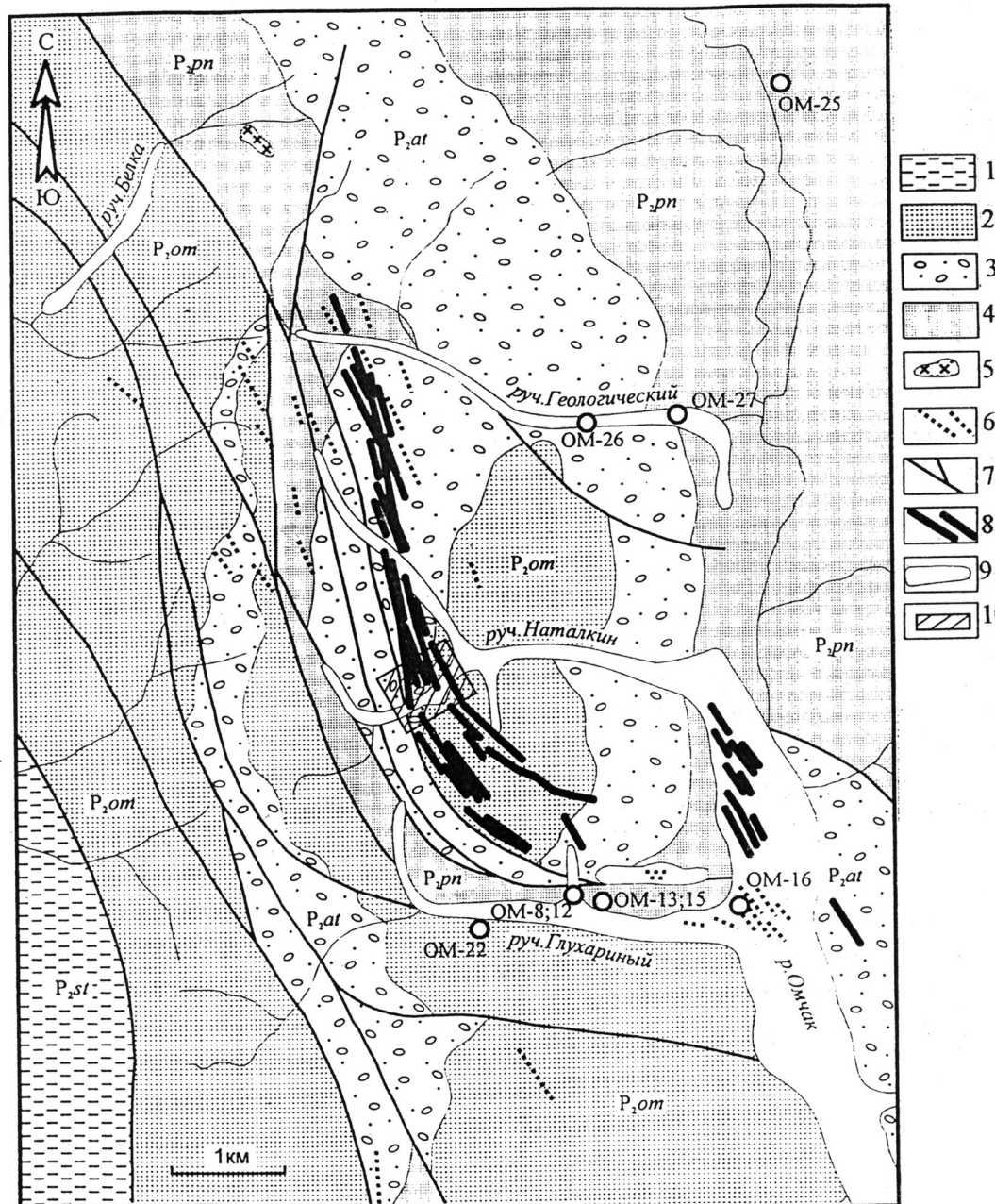


Рис. 7. Характер рудовмещающего комплекса и рудных зон Наталкинского золоторудного месторождения, по [14] с незначительными изменениями.

1–4 – верхнепермские отложения: 1 – песчаники, алевролиты, реже аргиллиты (старательская свита); 2 – флишоидные аргиллиты, алевролиты, реже песчаники (омчакская свита); 3 – диамиктиты (атаканская свита); 4 – аргиллиты, алевролиты (пионерская свита); 5 – позднемеловые габбро и диориты; 6 – позднеюрско-раннемеловые дайки основного и кислого состава; 7 – разломы (сдвиги и сбросо-сдвиги); 8 – золоторудные зоны; 9 – золотоносные россыпи (отработанные); 10 – проекция на земную поверхность участка, детально изученного по подземным выработкам; незалитые кружки – места взятия проб на изотопно-геохимические исследования.

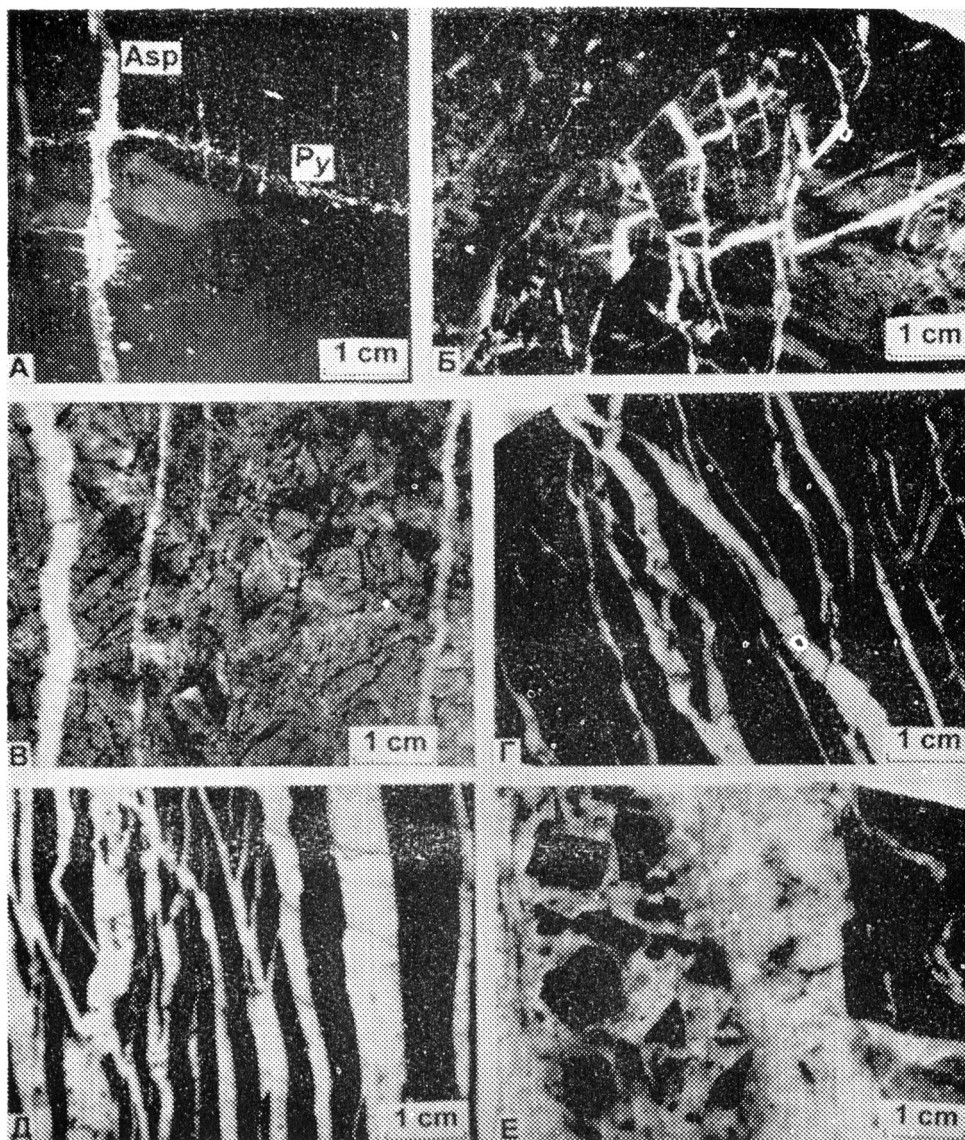


Рис. 8. Характер развития прожилков различного состава в рудных телах Наталкинского месторождения, по [14, табл.V].

А – рудная зона № 3, арсенопирит-карбонат-кварцевый прожилок, рассекающий послойный пирит в окварцованных и серицитизированных алевролитах; Б – рудная зона “Участковая”, карбонатно-кварцевые прожилки в алевролитах рассекаются зоной развития окварцевания и сульфидизации; В – та же рудная зона, кварцевые (белое) и сульфидно-кварцевые (черное) прожилки в карбонатизированной и сульфидизированной дайке основного состава; Г – рудная зона № 33, субпараллельные кварцевые прожилки в сульфидизированном диамиктите; Д – рудная зона 6-25, то же, но в алевролитах; Е – рудная зона № 3, брекчированная сульфидно-кварцевая жила.

Наталкинского месторождения проведено на основе результатов опробования на золото. Бортное содержание **Au** принято по результатам экономического обседа нескольких вариантов.

В штотверке месторождения развито огромное количество различно ориентированных жил и прожилков кварца (рис. 8). Встает вполне естественный вопрос – каков источник SiO_2 и **Au** в данном случае. На сегодня ответ таков: он гетерогенный, в

его создании приняли участие золотоносные черные сланцы, метаморфизм и гидротермальный метасоматоз.

Гранитоиды непосредственно на Наталкинском месторождении и на удалении от него в радиусе 5 км на сегодня не установлены. Судя по материалам, приведенным при описании Сухоложского месторождения, а также учитывая данные по Мурнтау и некоторым другим золоторудным место-

рождениям черносланцевого типа [31, 32, 34 и др.], они должны быть в районе месторождения, но не вскрыты эрозией.

Что касается этапности развития месторождения, то она аналогична, установленной для Сухого лога (сравни данные, приведенные в [14] и в [19, 21]).

Золоторудные объекты черносланцевой формации Западной Калбы (Восточный Казахстан) на примере месторождения-гиганта Бакырчик и других, сопряженных с ним

Выше уже отмечено, что месторождения Бакырчик и Мурунтау, не только изменили представления о золотом потенциале СССР, но также о его структуре (до открытия этих объектов ведущим в золотодобыче был кварцево-жильный тип, а с их открытием последний сразу же уступил первенство прожилково-вкрапленному типу золотого оруденения). Приведенная ниже характеристика золоторудных объектов черносланцевой формации Западной Калбы составлена на базе материалов А.Ф. Коробейникова [2, 32]. Эта площадь в тектоническом плане представляет собой шовную зону субширотной ориентировки, протягивающуюся более чем на 360 км при мощности до 90 км (рис. 9, [2]). В целом, эта структура относится к дуплексному типу и, судя по различной (в основном СЗ и ЮВ) ориентировке диагональных разломов внутри нее, является, как минимум, двухэтапной. Отличительной чертой геолого-тектонического строения Западной Калбы является широкое распространение концентрических (оваловидных) структур, которые контролируют распространение магматитов, метасоматитов и рудоносных зон (рис. 9).

По [2], черносланцевые толщи Западной Калбы сформировались на склоне устойчивого поднятия, возникшего при рифтогенезе. Углеродистые алевролиты, аргиллиты и песчаники отложились в осадочном бассейне в период его максимального прогибания. Например, в Бакырчикском рудном районе скорость прогибания достигала 0.312–0.545 мм в год. Содержание $C_{орг.}$ в указанных породах колеблется в пределах 0.3–5.0 мас. %. В пределах Бакырчикского рудного поля породы рудовмещающего комплекса подвергнуты региональному метаморфизму (пренитовой, пумпеллиитовой и зеленосланцевой фаций) и гидротермальному метасоматозу (калишпатизации, альбитизации, пропилитизации, березитизации-лиственитизации). При этих процессах происходит “выгорание” углерода. Кстати, для углеродистого вещества Бакырчикского рудного поля установлены сапропелевый состав и низкое (0.023–0.09 мас. %) содержание битумов. В [2] показано, что между степенью метаморфизма черных сланцев и содержанием в них Au существует прямая корреляционная связь (рис. 10).

В Бакырчикском рудном районе терригенные породы установлены на трех стратиграфических уровнях: нижнем (граувакковом, C_1 и C_{1-2}), среднем (терригенно-углеродистом, C_{2-3}) и верхнем (молассовом, C_3-P_1). Установлены четыре уровня максимальной концентрации (месторождений) золота: первый – в верхах разреза вулканогенно-кремнисто-карбонатно-терригенной формации (C_{1v2-3} , малопродуктивный), второй – в средней части разреза молассоидной формации ($C_{1s}-C_2$, максимально продуктивный), третий – в нижней части разреза последней формации (по продуктивности близок ко второму уровню), четвертый – в верхах последней и в нижней части разреза базальт-андезитовой формаций (C_2, C_{2-3} , продуктивность невысокая). Месторождения золота в пределах развития пород указанных возрастных интервалов и литологического состава контролируются швами и зонами их влияния (рис. 9). В таких структурах, в наиболее ослабленных местах – зонах дробления, расщеливания, разуплотнения, локализуются магматиты, метаморфиты-метасоматиты и сопряженное с ними золотое оруденение. Наиболее крупные золоторудные объекты контролируются местами сочленения различно ориентированных разломов. Особенно отчетливо это проявлено в Бакырчикском структурном блоке (рис. 9). В Бакырчикском и других золоторудных полях развиты вулканы, субвулканы и интрузивные (преимущественно небольшие штоки диоритов-плагиогранитов) образования (D_3-P_1). Дайки основного состава (P_2) пересекают рудные тела Бакырчика и других месторождений.

Под некоторыми месторождениями Бакырчикского рудного района (например, под Миалинским) на глубине 1.5–3.0 км, по данным гравиметровой съемки, локализуются массивы гранитоидов повышенной основности. На поверхности же, в пределах названной площади, развит дайковый комплекс, представленный в основном плагиогранитами и лампрофитами. Очевидно, указанные гранитоиды – это результат развития анатексиса на базитовой (габброидной) подложке [33].

Расчеты баланса золота в системе: углеродистые породы–они же, но метаморфизованные–они же, но метасоматически измененные–рудные тела (зоны минерализации и кварцевые жилы) показали [2, с. 64, 65], что только 2–6 мас. % золота, сосредоточенного в рудных телах Бакырчикского рудного района, обусловлено золотом вмещающих углеродистых пород. Остальная же, существенная часть металла привносится флюидом, имеющим мантийно-коровую природу (рис. 11; [2, с. 191]). Это хорошо согласуется с материалами по балансу золота в системе: исходные породы (различного состава)–их березитизированные-лиственитизированные разновидности–березиты-листвениты–кварцевые жилы [38, 46].

В [2, с. 95] полагается, что Au при березитизации пород кислого-среднего состава привносит-

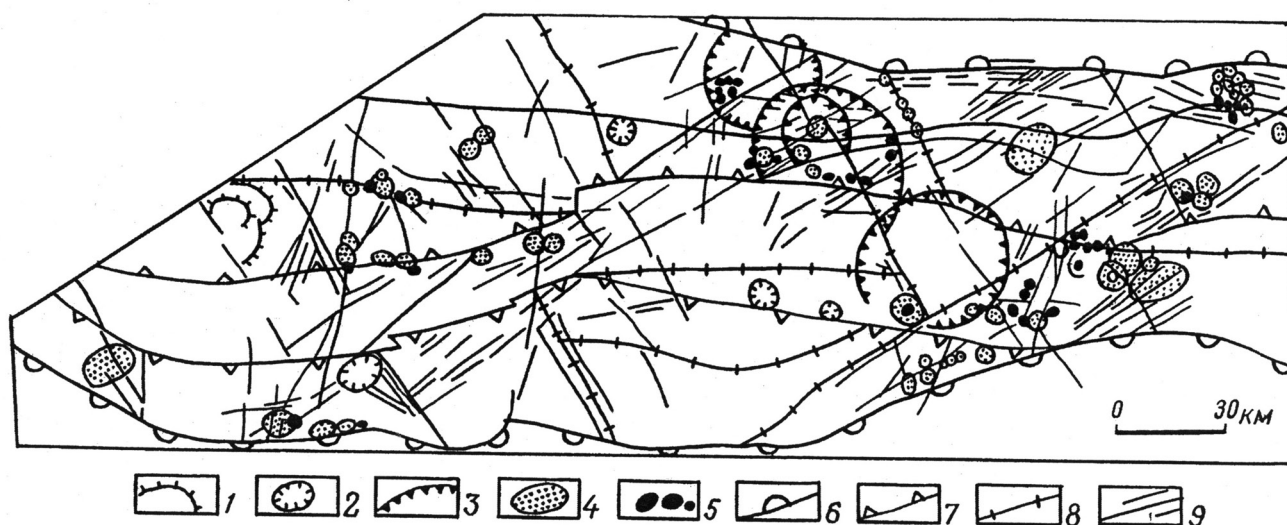


Рис. 9. Схема распространения тектонических структур различных морфотипов в Западной Калбе (СВ Казахстан), по [2].

1–5 – инъективные малые кольцевые структуры: 1 – центры развития субплатформенных вулканитов и интрузий (батолитов) (T_1), 2 – подводящие каналы гранитных батолитов (P_2), 3 – габбро-гранитные интрузии (C_3-P_1), 4 – ареалы развития околорудных метасоматитов, 5 – минерализованные метасоматиты, 6 – глубинные разломы первого порядка, 7 – осевая зона Чарского офиолитового пояса, 8 – региональные разломы второго порядка, 9 – разломы третьего порядка.

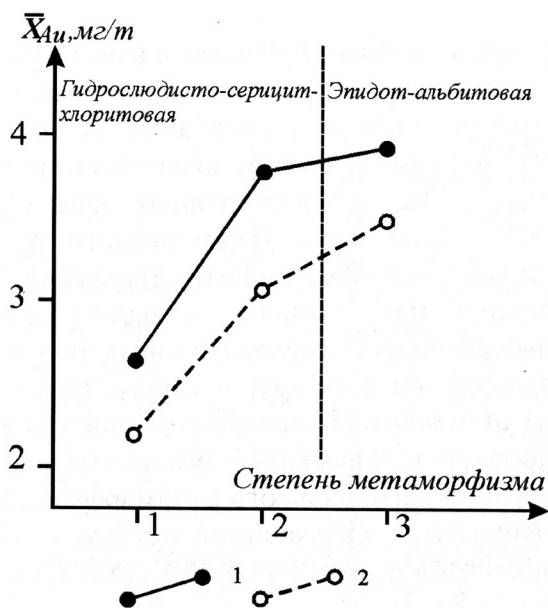


Рис. 10. Корреляция между содержаниями Au в черных сланцах калбинской свиты (Западная Калба) и степенью их метаморфизма, по [2].

1 – алевриты, 2 – песчаники.

ся. Однако это не так: Au выносятся в этом процессе и привносятся в более позднюю щелочную (рудную) стадию развития гидротермально-метасоматического процесса. При этом золотонос-

ный пирит последней отлагается не только в кварцевой жиле, но и, отчасти, в березитах.

Теперь попытаемся сформулировать общие и отличительные черты рассмотренных выше, выбранных нами в качестве эталонных золоторудных объектов, локализующихся в породах черносланцевой формации.

1. Все они приурочиваются к кольцевым тектоническим структурам, которые отчетливо дешифрируются по космоснимкам и характерным чертам расположения гидросетей. Убедительные примеры приведены в работах по таким золоторудным месторождениям, как Мурунтау, Сухой лог, Наталка, Бакырчик. Конкретные крупные месторождения золота, связанные с черносланцевой формацией, отчетливо контролируются шовными зонами, часто имеющими дуплексный характер [33, 38, 44].

2. Длительное (десятки миллионов лет) дискретное развитие рудно-магматических систем с постепенным концентрированием Au от кларковых содержаний и незначительных аномалий к промежуточным коллекторам и от последних – к образованию промышленных рудных тел (важнейшую роль при такой трансформации играет разломная тектоника, шовные зоны).

3. Месторождения локализируются в породах, метаморфизованных в условиях не выше зеленосланцевой фации.

4. Обычно крупные месторождения формируются в двух геодинамических обстановках: например, в рифтогенной обстановке возникают concentra-

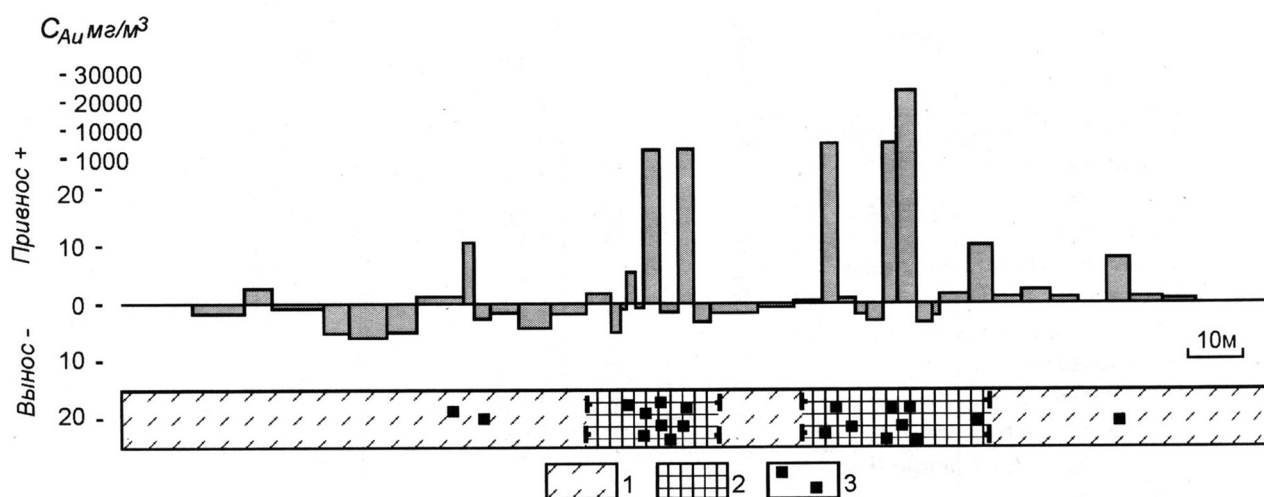


Рис. 11. Характер поведения Au в процессе березитизации черных сланцев Западной Калбы (на примере участка Дальнего-I), по [2].

1 – каменноугольные черные сланцы; 2 – рудоносные зоны; 3 – участки развития вторичного пирита и ассоциации пирит + арсенопирит

ции Au на уровне промежуточных коллекторов (и это при участии метаморфизма), а в коллизионной обстановке происходит “доводка” промежуточных коллекторов до месторождений.

5. Для крупных золоторудных месторождений характерно присутствие образований дайкового комплекса (от кислого до основного состава). Они обычно метасоматизированы в связи с тем, что являются рудоподводящими каналами.

6. В “первичном” пирите черных сланцев золото невидимое, оно находится в виде групп атомов или кластеров. При метаморфогенно-метасоматической трансформации этих пород в пирите возникают трещинки, которые за его пределы не выходят, в эти трещинки сбрасывается золото указанных форм, в них оно укрупняется, становится видимым [24].

МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА С ЭПГ И ЭПГ С ЗОЛОТОМ

Таких моделей к настоящему времени разработано и опубликовано несколько (см. сводки по этому вопросу в [2, 4, 17, 21, 22, 26, 31, 32, 34, 50, 54, 58 и др.]). Сейчас, пожалуй, никто не разделяет точку зрения В.Г. Гарьковца [15] об осадочном происхождении крупных золоторудных месторождений черносланцевой формации. Детальными исследованиями последнего десятилетия показано, что все они полигенные и полихронные. По нашему мнению, в наибольшем соответствии с накопленными результатами теоретических и экспериментальных исследований проблемы и их проверкой на практи-

ке (при поисках, разведке и эксплуатации золоторудных объектов-гигантов) находятся две модели.

Первая из них разработана В.К. Немеровым и Г.Л. Семейкиной в 2004 г. (см. в [21, с. 61–63]), а также В.В. Дистлером с М.А. Юровской [19]. В первой работе, как выше уже отмечено, выделены три этапа (причем третий этап подразделен на два подэтапа) в формировании крупных месторождений Au, локализующихся в черных сланцах, а во второй – четыре этапа. Таким образом, они, в принципе, являются идентичными. Модель разработана применительно к Ленскому золоторудному району, однако она, несомненно, имеет общее значение. В качестве доказательства можно привести работу [14, с. 220], в которой материалы по Наталкинскому месторождению, касающиеся генезиса черносланцевой толщи, сульфидов в ней, магматизма, метаморфизма и золотого оруденения, в полной мере согласуются с первой моделью. В первый этап произошло накопление углеродистых осадков и сопряженных во времени и пространстве вулканитов в спрединговых и задуговых бассейнах. Многими исследователями показано, что такие толщи концентрируют Au в субкларковых количествах [2, 25, 54, 58 и др.]. Во второй этап произошла ката-метагенетическая трансформация углеродистых толщ, в результате которой сформировались металлоносные углеводороды при $T = 60–150^{\circ}\text{C}$ и $P = 5–250$ МПа, которые мигрировали в раннеколлизийные поднятия. В результате сформировались специализированные металло-углеродистые резервуары. Третий этап, как уже отмечено, метаморфогенно-метасоматический, подразделен по температурному признаку на два

подэтапа. В первый подэтап, на ранней стадии ($T = 450\text{--}380^\circ\text{C}$) произошло рассеянное выделение в породах **Au** и **ЭПГ**. **Параллельно с ними отлагались** Fe, Cr, W, Ti, Pb, Sn, Al в элементарной форме и в виде твердых растворов. Эти данные подтверждены рядом исследователей в других регионах [1, 5, 9, 11, 17, 21, 25, 31, 34, 37, 41, 43, 49, 51, 54, 57]. Вторая стадия этого подэтапа ($T = 380\text{--}280^\circ\text{C}$) характеризуется образованием сидерит-кварц-(Ni, Co, Cu, Fe, Zn)-сульфидной и (Ni, Co)-арсенид-сульфоарсенидной с теллуридами и теллуридами ассоциаций. В постскладчатый подэтап при пониженных T ($280\text{--}190^\circ\text{C}$) сформировались обогащенные **Au** штокверки, а также анкерит-кварц-пиритовая ассоциация с дисперсным золотом. Заканчивается формирование объектов развитием безрудного сидерит-анкерит-кварцевого парагенезиса при $T = 150\text{--}50^\circ\text{C}$.

Работой [19] в рассмотренную модель внесены полихронность, выявленная современными изотопно-геохимическими методами, и полигенность, свойственная всем крупным объектам черносланцевой формации (рис. 12). Модель создана из довольно простых блоков, хорошо читается и в комментариях не нуждается. “Рудная” часть модели удачно дополняется материалами специализированного исследования С.Г. Кряжева с соавторами [35], результаты которого получены при сопоставительном изучении руд Сухого лога и меньших по масштабу и удаленных от него на 10 км и более объектов. Подоплека такого изучения – получение первоначальных геологических материалов (в частности, по пириту и другим сульфидам), которые в Сухом логу в силу интенсивно и широко проявленных в первую очередь метаморфогенно-метасоматических процессов оказались сильно затусшеванными или уничтоженными

вовсе. Главное, что удалось решить этому исследователю, – это вопрос об источниках серы, золота и трансформации форм последнего в процессе эволюционного (прерывисто-непрерывного) развития Сухого лога. Отметим, что эти данные хорошо коррелируют с материалами многих авторов, полученными в различных регионах [1, 2, 5, 13, 25–27, 30–32, 34, 36, 50, 58, 59].

Назначение **второй** модели – объяснить природу и механизм **ЭПГ (Au-содержащей) минерализации**, развитой в черных сланцах. Исходными данными для разработки этой модели послужили следующие соображения: 1) состав **ЭПГ (и присутствие Au) в коре океанического типа определяется** степенью плавления мантийного перидотита и флюидным режимом формирования ультрабазитов; 2) в результате такого плавления в рестите остаются наиболее тугоплавкие **ЭПГ (Ru, Ir, Os)**. Они накапливаются в хромитовых рудах. Относительно легкоплавкие **ЭПГ (Pt, Pd) и Au выносятся в состав** базальтового расплава, а также уходят во флюидную фазу. Этим объясняется накопление Ru, Ir и Os в метаморфитах-метасоматитах по ультрабазитам и базитам [2, 18, 21, 22, 38, 46 и др.]. При 900°C CO_2 , как известно, разлагается на C и H(CO_3). В результате, в углеродизированных породах графитовые парагенезисы сменяются карбонатными. В [18] отмечено, что при $P = 100$ атм и $T = 200\text{--}250^\circ\text{C}$ Ru и Os и, в меньшей мере, Ir и Rh, образуют летучие карбонилы под действием CO, преобладающей в мантийных флюидах. Pt, Pd (и Au) таких соединений не образуют и накапливаются в связи с этим в углеродистых метасоматитах. Для Урала это убедительно показано в [1].

В заключение рассмотрения моделей, нам представляется целесообразным привести цитату из ра-

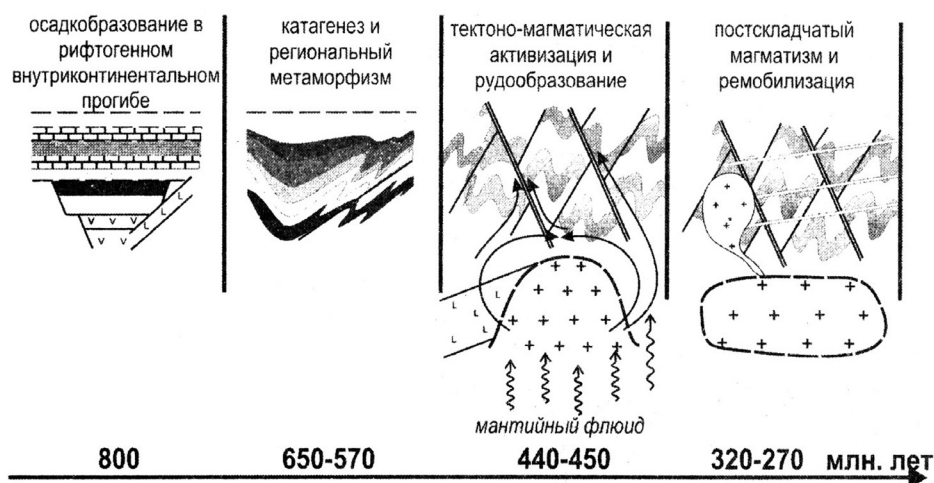


Рис. 12. Генетические модели, иллюстрирующие структурно-вещественную (включая **Au** и **ЭПГ** эволюцию) в процессе образования крупных объектов черносланцевой формации на примере существенно золоторудного (Сухой лог), по [19] с добавлениями по [18] и авторов.

боты А.А. Маракушева (1999), имеющую непосредственное отношение и к обсуждению рассмотренных моделей и к решаемой в статье проблеме в целом. Он пишет “...импульсы дегазации земного ядра обуславливают образование взрывных структур, сопровождающихся становлением обширных структур проседания. В перекрывающих их осадочных толщах развиваются металлоносные черносланцевые (углеродистые) толщи и сопряженные с ними стратиформные месторождения... Чисто осадочные (коровые) бассейны также генерируют углеродистые формации, но они не являются металлоносными.”

ЧЕРНЫЕ СЛАНЦЫ УРАЛА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ЗОЛОТОНОСНОСТИ

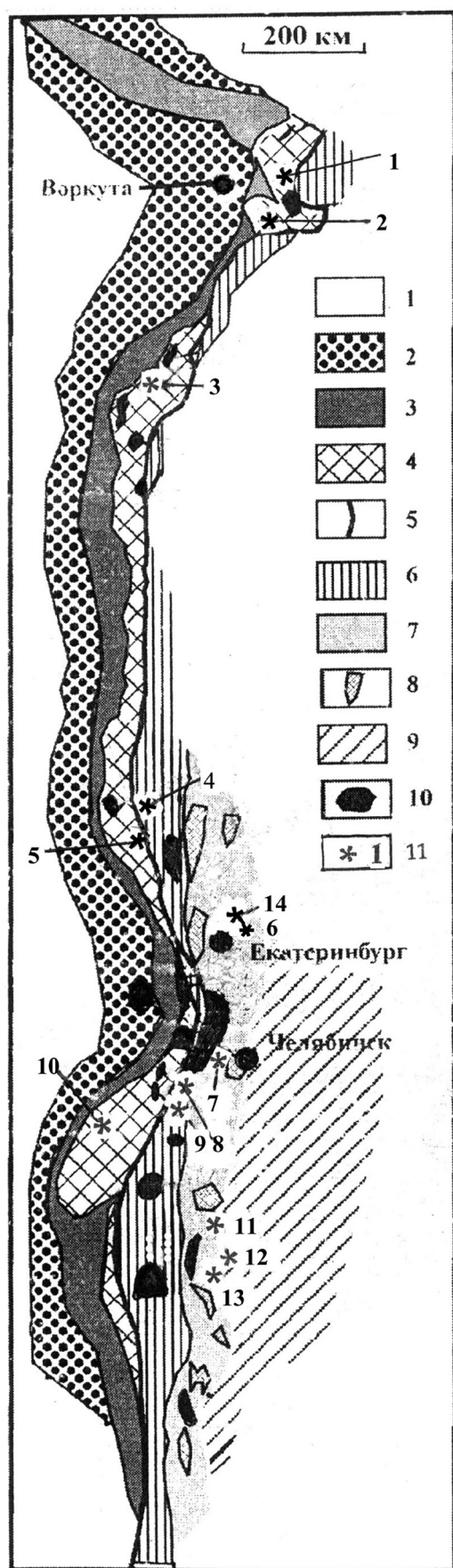
В этой части работы мы предпримем попытку обобщить материалы по золотоносности черных сланцев региона и оценить их практическую значимость, используя вышеприведенные данные по проблеме.

В настоящее время имеющиеся материалы по уровню золотоносности уральских черных сланцев можно, в соответствии с трехэтапным их формированием [38, 50 и др.], подразделить на три типа. Первый уровень отвечает субкларковому содержанию Au (**основная часть металла находится в пирите** в “невидимой” форме (последний фиксируется практически во всех пунктах проявления пород черносланцевой формации, показанных на рис. 13). Пирит представлен кубической формой [42, 50]. В вещественных комплексах, отвечающих первому уровню концентрации Au, **в качестве экзотики** отмечались содержания золота до 0.5 и даже 1.5 г/т, однако их “первичность” вызывает сомнения. Причем сведения о золоторудных объектах, тем более промышленных, отвечающих по генетике первому уровню, в литературе отсутствуют. Второй уровень – возникновение “промежуточных” коллекторов Au (или “базовых” формаций, по А.А.Сидорову), в которых содержание металла повышается на 1–2 порядка, что обусловлено развитием метаморфизма в РТХ-условиях, не превышающих параметров зеленосланцевой фации. В условиях, отвечающих второму уровню, возникают комплексные литогеохимические аномалии (Au и его элементов-спутников – As, Ag, Sb, Pb и др.) [20, 38]. **Третий уровень** проявлен далеко не на всех рудных полях (месторождениях), он обусловлен развитием наиболее тектонически ослабленных площадей (участков) в пределах шовных зон. Именно этот уровень концентрации Au **отвечает за формирование золоторудных месторождений-гигантов**. Причем, согласно расчетам А.Ф. Коробейникова [32] и В.Н. Сазонова [45], “черносланцевым” золотом в таких объектах обусловлена лишь четверть (не более) металла; большая же часть металла имеет глубинное (глуб-

же уровня формирования месторождений) мантийное и корово-мантийное происхождение [2, 11, 17–19, 22, 27, 32, 34 и др.]. Три уровня концентрации Au в черных сланцах позволяют выделить три генеральных направления в проблеме “черносланцевого” золота. Первое из них включает необходимость детального изучения фациального анализа субстанций черносланцевого комплекса и сопряженных с ним (во времени и пространстве) вулканитов как одного из источников поступления в черные сланцы рудного вещества; второе – установление для золотоперспективных площадей уровня метаморфизма пород черносланцевого комплекса (многими исследователями показано, что более 85% месторождений золота локализуются в шовных зонах на участках проявления метаморфизма не выше уровня зеленосланцевой фации); третье направление – формационный анализ интрузивного комплекса габбро-диорит-гранитоидного состава. Известно, что гранитоиды тоналит-гранодиоритовой формации (коллизийной природы) специализированы на золото и что с ними генетически связаны золоторудные месторождения, в том числе крупные (Березовское, Кочкарское, Материнская жила и др.). Такие гранитоиды формируются в результате неоднократного анатексиса, развивающегося на базальтоидной “подложке” [33 и др.]. Граниты нормальные на золото не специализированы, в их над-интрузивной зоне золотое оруденение может возникнуть только за счет их тепловой энергии и флюида, обуславливающих экстракцию Au из пород вмещающего комплекса, в том числе черносланцевого. Очевидно, последним можно объяснить появление небольших золоторудных объектов кварц-жильного типа, например, в Сысертском метаморфическом комплексе на Среднем Урале. Для практической реализации этих генеральных направлений прежде всего нужно выполнить региональный структурный анализ на базе данных космо- и аэроснимков перспективных территорий. Далее, не менее важным является выяснение глубинного геологического строения таких территорий (наиболее важные определяемые параметры – глубина границы гранитно-метаморфического и базальтового слоев, форма и глубина залегания интрузивов, ответственных за рудообразование и т.д., детали см. в [38]).

Теперь попытаемся “привязать” черные сланцы, площади распространения которых показаны на рис. 13, к рассмотренным выше трем уровням концентрации Au и **сделать оценку их перспективности** с позиций рассмотренных выше моделей формирования золоторудных (с ЭПГ) месторождений.

В работе [33] показано, что все сколько-нибудь значительные золоторудные объекты на Урале приурочиваются к шовным зонам. Это подтверждается результатами исследований в этом направлении на западном склоне Урала (имеются в виду зоны



рифтогенеза) [11] и в других регионах [21]. Шовные зоны с золотой минерализацией имеют на Урале рифтогенную (1200–560 млн. лет) и коллизионную (385–240 млн. лет) природу. Причем в ряде случаев отмечается подновление (активизация) древних шовных зон в коллизионный период развития Уральского региона.

На Полярном Урале золото и платиноиды установлены в углеродистых сланцах рифейского, вендского, ордовикского и силурийского возрастов [16, 17]. Наибольшим распространением черные сланцы пользуются в рифейских – Харбейском и Хараматалоуском – блоках. На сегодня благороднометалльная минерализация этих геологических образований изучена слабо. По имеющимся в литературе [16] данным, концентрация Au в черных сланцах этой части региона соответствует первому уровню (среди значительных площадей с кларковыми содержаниями выделяются небольшие по размерам аномалии золота). Перспективы платиноидного оруденения черных сланцев рассматриваемой территории оцениваются положительно [17]. На Приполярном Урале ситуация с золотоносностью и платиноидоносностью черных сланцев примерно такая же, что и на Полярном Урале. Содержание благородных металлов в них отвечает первому уровню концентрации. В работе [41] указывается, что на Северном Урале имеются предпосылки для открытия золотоплатинометальной провинции с крупными рудными узлами. Нам представляется, что такая оценка перспектив указанной территории Урала является пока недостаточно обоснованной. Опыт изучения золоторудных и платинометалльных месторождений черносланцевой формации (см. приведенные выше генетические модели) показывает, что обоснованная оценка перспектив золотоносности указанной территории может быть сделана только после установления ее глубинного геологического строения, картирования метамор-

Рис. 13. Основные пункты проявления черных сланцев на Урале, основа по В.Н.Сазонову и др. [48].

1 – платформенные образования; 2 – Предуральский краевой прогиб; 3 – Западно-Уральская зона; 4 – Центрально-Уральская зона; 5 – Главный коллизионный шов Урала; 6 – Тагило-Магнитогорская зона с массивами Платиноносного пояса; 7 – Восточно-Уральская зона; 8 – гранитные массивы Главной гранитной оси Урала; 9 – Зауральская зона (последние три зоны показаны в случаях их выхода на поверхность или слабой погруженности); 10 – пункты развития субщелочных и щелочных пород, включая карбонаты; 11 – площади (зоны) развития черных сланцев, их номера и названия: 1 – Собская, 2 – Хараматалоуская, 3 – Вангыро-Манарагская, 4 – Сурьинско-Промысловская, 5 – Аш-кинская, 6 – Березовская, 7 – Непряхинская, 8 – Светлинская, 9 – Миндякская, 10 – Авзянско-Машакская, 11 – Гогинская, 12 – Тохтаровская, 13 – Кумакская.

фических фаций и метасоматических формаций, формационного анализа интрузивных образований. Нам представляется, что названные работы (исследования) в первую очередь должны коснуться Ашкинской и Сурьинско-Промысловской рудных зон.

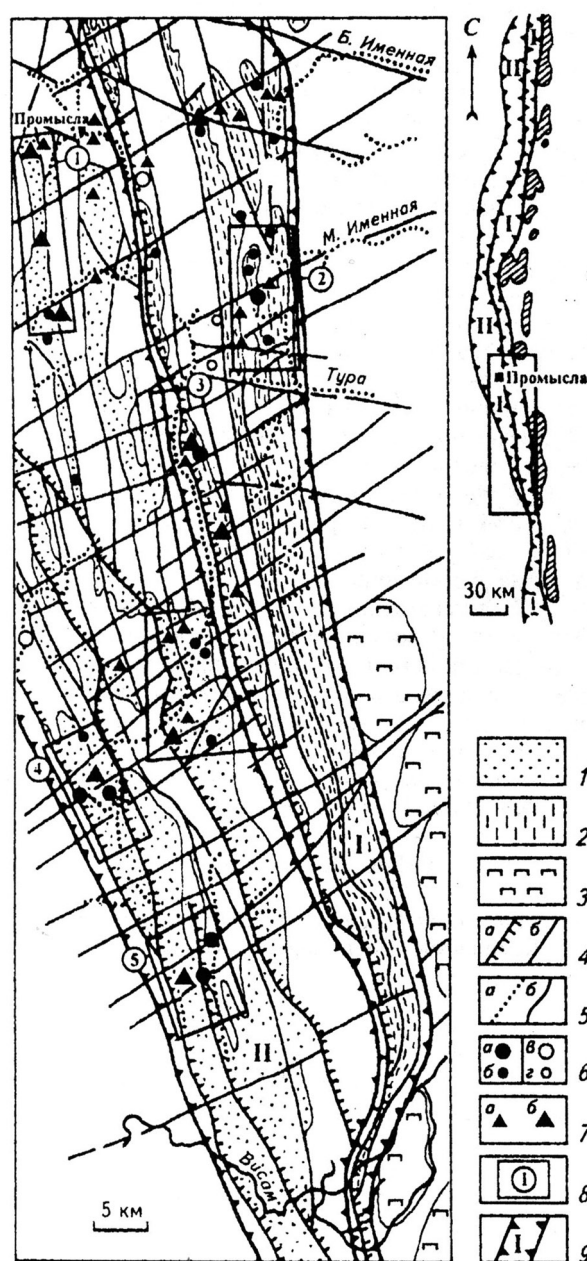
Ашкинская рудная зона и ее главный представитель – Ашкинское золоторудное (с ЭПГ) месторождение

Сухоложскому типу свойственны крупнообъемные полихронные полигенные месторождения золота (с платиноидами) [2, 7–11, 13, 15, 19, 23, 28, 36, см. также выше в настоящей статье]. Это обстоятельство послужило главным аргументом актуальности изучения указанной рудной зоны (рис. 14, 15) и развития в ее пределах поисково-оценочных работ. Ашкинская зона представляет собой полихронную и полигенную шовную зону, которая была заложена в R_3 , интенсивно трансформировалась в PZ_3 с образованием благороднометалльной минерализации, а затем после некоторого перерыва была вновь неоднократно активизирована (MZ–Q) [47]. По [8], она является составной частью Тыктловско-Промысловского рудного мегарайона, который протягивается через Полярный, Приполярный и Средний Урал. В статье рассматривается только его часть, включающая Средний и отчасти Северный Урал. Она располагается к западу от Главного коллизийного шва Уральского региона, включая зону его влияния, в которой прослеживаются: верхнерифейские черные сланцы, представленные метаморфизованными углеродсодержащими глинисто-кремнистыми, глинистыми, глинисто-карбонатными разностями (преимущественно углеродисто-терригенной формации) и песчаниками; магматиты (массивы сложного состава – габбро, диориты, гранитоиды; дай-

ки плагиогоранит-порфиров и др.), а также метаморфиты (зеленосланцевой фации) и метасоматиты березит-лиственитовой, аргиллизитовой и пропилитовой (?) формаций. В ряде мест отмечены контактовые метаморфиты (данные [13]). Продуктивная минерализация в шовной зоне контролируется сбросо-сдвигами, возникшими при сдвиговых деформациях вдоль границ субмеридионально ориентированных блоков пород. Такие блоки получили название рифтогенно-коллизийных (в соответствии с главными этапами их формирования). Золотое (с ЭПГ) оруденение на Ашкинском месторождении сформировано в надинтрузивной зоне гранитоидного массива. Оруденение развито в кварце-

Рис. 14. Геолого-тектоническая схема Ашкинского золоторудного месторождения, по материалам [6].

1 – метаморфизованные углеродистые терригенные и вулканогенно-терригенные толщи рифейского возраста; 2 – то же, но ордовикского возраста; 3 – массивы Платиноносного пояса (O_3-S_1) и габбро-гранодиоритовой формации (S_1) (на обзорной схеме массивы пояса отмечены штриховкой); 4 – дизъюнктивные нарушения: надвиги (а) и другой кинематики (б); 5 – россыпи золотоносные (а) и платиноносные (б); 6 – месторождения (а) и проявления (б) золота в черных сланцах, месторождения (в) и проявления (г) золота в других породах; 7 – места содержания проб с содержанием золота меньше 1 г/т (а) и больше 1 г/т (б); 8 – перспективные по золоту (и МПГ) участки: 1 – Ленеvский, 2 – Мало-Имменовский, 3 – Кедровский, 4 – Даньковский, 5 – Ашкинское золоторудное поле; 9 – границы золоторудных зон: Сурьинско-Промысловской (I) и Ашкинской (II). Белое – комплексы пород без черных сланцев.



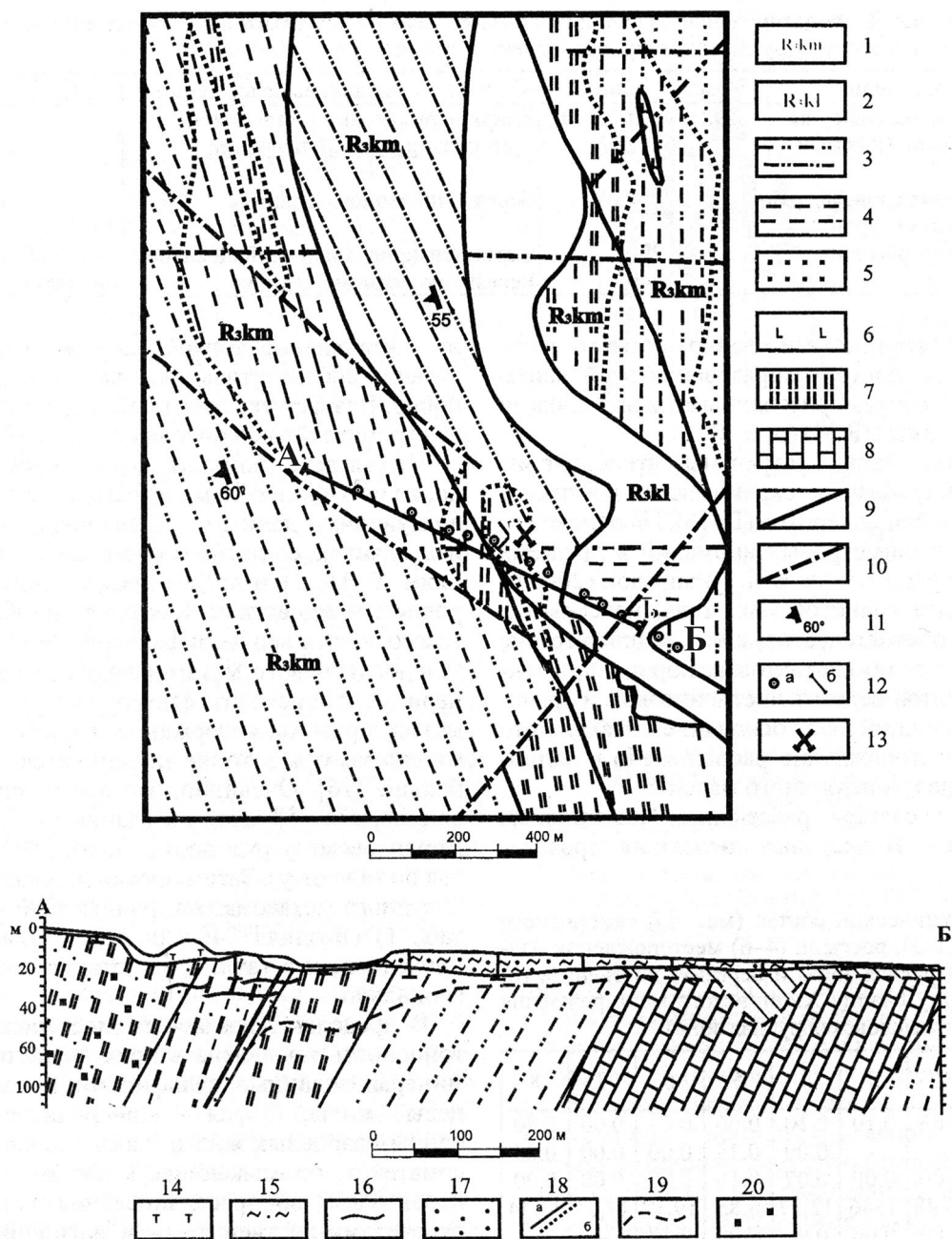


Рис. 15. Схематическая геологическая карта района золоторудного месторождения Ашка и разрез по линии А–Б, по материалам поисковых работ [28].

1–2 – стратифицированные породы кыримской (1) и клыкканской (2) свит (R_3); 3 – хлорит-кварц-серицитовые сланцы; 4 – переслаивание сланцев (3) с углеродистыми кварц-серицит-хлоритовыми; 5 – метапесчаники; 6 – долериты (D_1); 7 – кварц-мусковит-биотитовые сланцы (контактные ?); 8 – слюдистые кварциты и слюдисто-кварцевые сланцы; 9 – разломы; 10 – зоны трещиноватости и дробления; 11 – элементы залегания сланцеватости пород; 12 – колонковые скважины на карте (а) и разрезе (б); 13 – месторождение Ашка; 14 – отвалы горных работ; 15 – четвертичные рыхлые образования; 16 – кварцевые жилы; 17 – места развития березитов-лиственитов; 18 – контакты горных пород на разрезе (а) и карте (б); 19 – граница коры выветривания; 20 – места развития пирита.

вых жилах, их зальбандах, а также в сопряженных метасоматитах. Оно представлено самородным золотом (в жилах, метасоматитах и окисленных сульфидах, прежде всего, в пирите), а также “невиди-

мым” золотом (содержится в пирите – до 40 г/т и других сульфидах). В черных сланцах, по данным [8], среднее содержание (в г/т) составляет Au – 5.0, Pt – 0.16, Pd – 1.10. Формирование месторождения

произошло на глубине не больше 2 км при T не более 340°C [47].

На Южном Урале черные сланцы с различными уровнями концентрации Au и PGE развиты в рифтовых структурах рифейского (Башкирский антиклинорий, Авзянская и Машакская площади, рис. 13, № 10) и нижнекаменноугольного (Непряхинская, Миндякская Гогинская, Тохтаровская, Кумакская площади, рис. 13, №№ 7, 9, 11, 12, 13) [4, 5, 13, 30]. Что касается рифейских черных сланцев и их рудоносности, то, по материалам [30], можно отметить следующие важные данные. Во-первых, к востоку от широко известного Шатакского комплекса в терригенных породах (представлены серицит-кварцевыми алевросланцами и углеродистыми серицит-кварцевыми сланцами) установлены повышенные содержания благородных металлов (в г/т): Au (0.5–2.4), Pt (0.09–0.1), Pd (0.3–1.18), Os (0.004–0.005), Ru (0.0043). В составе рудной минерализации установлены халькопирит, пирротин, пирит. В углеродистой матрице обнаружены электрум, сульфоселениды золота и серебра, сложные соединения редкоземельных элементов и др. Указанные терригенные породы ассоциируют с телами габбро-долеритов, которые амфиболизированы, эпидотизированы, карбонатизированы и участками окварцованы. С.Г. Ковалев [30] считает, что перечисленные выше элементы были привнесены в систему флюидом матийной природы.

В конгломератах Шатакского комплекса установлена благороднометалльная минерализация, связанная с магнетитом и гематитом. Важно, что зона развития минерализации прослежена на 11 км. Приведенные материалы дают основание для продолжения исследований в пределах площади, изученной В.Г. Ковалевым. Причем эти исследования должны включать детальный литолого-фациальный анализ терригенных пород и формационный состав магматитов. И, конечно же, имеется необходимость в изучении глубинного строения площади исследований. При этом особое внимание должно быть уделено процессам гранитизации и метаморфизма – важных источников благороднометалльной минерализации, поставляемой в систему (зону развития минерализации). Без выполнения указанного комплекса исследований практическую значимость минерализованных конгломератов и черных сланцев, по имеющимся на сегодня материалам, оценить невозможно.

В формировании золотой минерализации роль черных сланцев нижнекарбонового возраста представляется нам двоякой. Прежде всего, в пределах Гогинского рудного узла [17] известно большое количество кварцевых жил явно раннеколлизийной природы. Они залегают в черных сланцах и сопровождаются ореолами березитизации. На основе возраста березитов [5, с. 33], формирование кварцевых жил, оруденения и сопряженных метасоматитов представляют собой основания связывать

оруденение с коллизийным гранитоидным магматизмом. В этом случае, как выше мы уже отмечали, черные сланцы поставляли в систему (кварцевую жилу) не более 25 мас. % от общего количества сосредоточенного в ней золота. Остальная часть была привнесена флюидом.

Для Кировско-Кваркенского рудного района Южного Урала [17] установлена микститовая природа углеродисто-глинистых пород [3, 4]. В них зафиксированы зерна латуни, самородного железа, интерметаллидов золота. Пирит рудных зон указанного района гетерогенный: выделены хемогенно-осадочная, биогенная, гидротермально-осадочная и гидротермальная его разновидности [3–5]. Наиболее золотоносными являются пириты сложного габитуса и ассоциирующие с арсенопиритом. В кристаллах пирита и арсенопирита установлен золотохалькопирит-пирротинный микропарагенезис, который определяет уровень золотоносности руд. В указанном районе развиты мелкие (запасы составляют первые тонны Au) месторождения золота. Очевидно, это обусловлено слабым проявлением и, естественно, незначительным вкладом в золоторудные тела процессов метаморфизма и гранитоидного магматизма.

Золотоносность черных сланцев, сопряженных с Тогузакско-Аландским тектоническим блоком

Тектонический блок [3–5] представлен образованиями микроконтинента (гранитизированный фундамент), по границам которого развиты раннекаменноугольные депрессии, выполненные черными сланцами (рис. 16). В этих сланцах локализируются золотоносные районы (Гогинско-Брединский, Айдырлинско-Синешиханский, Кировско-Кваркенский, Кировско-Тогузакский и др.), фиксирующие тектонически ослабленные зоны в приконтактной зоне указанного блока. Согласно [5], такие зоны, как правило, лишены вулканитов или же последние в них проявлены весьма слабо. Вулканиты относятся к базальт-трахилипиритовому комплексу, формировались они синхронно с черными сланцами. Последние в таких зонах отличаются высокой биопродуктивностью и интенсивным проявлением гидротермально-метасоматического процесса. Черные сланцы подверглись постдиагенетическим изменениям и метаморфизму. Интенсивность постдиагенетических изменений нарастает вниз по разрезу – в центральной части прогибов проявлена стадия катагенеза, в бортах грабенных изменения достигают мусковит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации [5]. Рудные тела рассматриваемого рудного поля контролируются разломами субмеридиональной и диагональной ориентировки, а также местами их сочленения. Рудные тела представлены минерализованными сульфидами (сильно преобладает пирит), кварцевыми жилами, прожилками, а

также метасоматитами. В конечном итоге, рудные тела выделяются по результатам опробования на золото. Более 60% золоторудных объектов рассматриваемой тектонической структуры расположены в нижневизейских черных сланцах, отличающихся повышенным содержанием $C_{\text{орг}}$. В терригенных породах с низким содержанием этого компонента зафиксировано всего лишь 8% таких объектов. Черным сланцам (количество Au в них варьирует от 5 до 130 мг/т) в работе [5] приписывается ранг одного из источников золота. Изложенные выше данные согласуются с этим. Основным же источником этого элемента – раннеколлизийные гранитоиды. В связи с незначительностью масштабов золотого оруденения в пределах Тогузакско-Аландского блока мы не видим основания для того, чтобы искать третий, мантийный источник Au.

Кумакское золоторудное поле

Рудное поле расположено в Кумак-Катансинской зоне смятия. В его пределах локализуется ряд золоторудных объектов на протяжении 10 км (рис. 17). В рудном поле развиты две пачки пород: девонская и раннекарбоновая. В первой из них выделяются две субпачки: нижняя, представленная базальтами и долеритами (D_{1-2e}) с прослоями туфов основного состава и развитая в ЮВ части рудного поля; верхняя субпачка ($D_2j - D_3$) развита в западной части рудного поля, представлена кварц-серицитовыми сланца-

ми, а также сланцами, содержащими биотит, хлорит, плагиоклаз. Восточный контакт этой субпачки контролируется зоной милонитизации. В центральной части рудного поля распространены турнейско-визейские и верхневизейско-серпуховские отложения (рис. 17). В разрезе первых выделены три пачки: верхняя часть нижней пачки – это углисто-графитистые сланцы, а нижняя – грубообломочные терригенные породы с прослоями углистых сланцев. Средняя пачка представлена в основном известняками. В южной части рудного поля, в бортах обводного канала водохранилища, обнажены сильно деформированные, смятые в мелкие складки породы – продукты Уральской палеозойской гиперколлизии. В целом, для рудного поля характерно широкое развитие даек кислого, основного и пестрого составов с возрастом 240–270 млн. лет. Девонские породы в пределах рудного поля подвержены региональному и приразломному метаморфизму в условиях зеленосланцевой фации. Позднее, на границе Р и Т (250 млн. лет) метаморфические породы были плагиофельдшпатизированы. Еще позднее, главным образом в пределах Кумакской сланцевой полосы, в метаморфизованных породах проявился углеродисто-кремнисто-калиевый метасоматоз [38]. Повышенное давление в контактовых участках зон смятия обусловило появление хлоритоиды. В более позднее время (образование парагенезисов с эпидотом, биотитом, хлоритом) хлоритоид заместился хлоритом [38].

Рис. 16. Схема металлогенического районирования Южного Урала (Тогузакско-Аландский сегмент) и позиция рудных районов с золотоносными “черносланцевыми” комплексами по [3].

1–9 – *стратифицированные комплексы*: 1 – вулканогенный базальт-трахиандезит-трахириолитовый (C_{1t-v}); 2 – вулканогенно-терригенный ($D_{3fm-C_{1t}}$); 3 – ассоциация вулканогенно-терригенных отложений (D_{2gv-fr}) и субщелочных слабо дифференцированных вулканитов базальт-андезитовой формации (D_{2gv}); 4 – золотоносный вулканогенно-углеродисто-терригенный (C_{1t-v}); 5 – золотоносный углеродисто-карбонатно-терригенный (C_{1t-v}); 6 – золотоносный вулканогенно-углеродисто-терригенный (C_{1t-v}) в зонах динамотермального метаморфизма; 7 – метаморфический рифей-нижнепалеозойский – кристаллическое основание Восточно-Уральского поднятия; 8 – формаций вторичной геосинклинали краевой части Восточно-Уральского поднятия: контрастной метавулканогенной (S_2-D_1), углеродисто-терригенно-кремнисто-сланцевой (D_1), базальт-андезитобазальтовой (D_{2gv}), терригенной ($D_{3fm-C_{1t}}$); 9 – вулканогенно-терригенный Зауральского прогиба; 10–13 – *интрузивные формации*: 10 – гранит-лейкогранитовая (C_3), 11 – диорит-плагиогранитовая (C_1); 12 – монзонит-граносиенит-гранитовая (C_1); 13 – габбро-диорит-гранодиоритовая (D_{2-3}); 14 – серпентиниты; 15–18 – *границы*: 15 – металлогенических мегазон: Магнитогорской, Восточно-Уральского поднятия, Зауральской; 16 – металлогенических зон сидерофильного профиля, сложенных вулканогенными каменноугольными комплексами; 17 – золотоносных металлогенических зон с “черносланцевыми” комплексами каменноугольного возраста (C); 18 – рудных районов и потенциальных рудных районов с месторождениями и рудопроявлениями “черносланцевого” типа и связанными с ними золотоносными корами химического выветривания; 19 – россыпи золота; *металлогенические зоны*: II-B-1 – Западно-Магнитогорская, II-B-3 – Восточно-Магнитогорская, II-B-4 – Уйско-Бриентская (с интенсивно дислоцированными золотоносными “черносланцевыми” отложениями); II-A-II – Гумбейско-Нагайбакская, III-C-1 – Кировско-Крыклинская (с золотоносными “черносланцевыми” отложениями), III-C-2 – Айдырлинско-Брединская (с золотоносными “черносланцевыми” отложениями), III-C-4 – Сарыобинская (с интенсивно дислоцированными золотоносными “черносланцевыми” отложениями), III-C-5 – Иргизская, III-C-6 – Тогузакская (с золотоносными “черносланцевыми” отложениями), IV-2 – Ишим-Улутауская; *тектонические блоки*: III-B-1 – Челябинско-Кочкарский, III-B-2 – Тогузакско-Аландский, III-B-3 – Адамовский, III-B-4 – Джетыгаринский, IV-B-1 – Восточно-Джетыгаринский; *рудные районы*: VIIA – Кировско-Тогузакский, VII – Тогузакский, IX – Брединский, X – Кировско-Кваркенский, XI – Айдырлинско-Синешиханский; *потенциальные рудные районы*: VII – Северо-Тогузакский, XIV – Амамбайский; *месторождения и рудопроявления*: золотокварцевой формации (цифры в кружках: 15 – Айдырлинское, 16 – Павловское, 17 – Степановское); золотоносных кор химического выветривания, развитых по золотосульфидным прожилково-вкрапленным рудам “черносланцевого” типа (цифры в ромбах): 8 – Редутовское, 9 – Тамбовское, 10 – Зайцевское, 11 – Рамеевское, 12 – Каменское, 13 – Кировское (Оренбургская область), 14 – Южно-Кировское; рудопроявления золотоносных кор химического выветривания, развитых по рудам золото-лиственитовой формации (золотоносные “талыкиты”): Кировское, Челябинская область (7 в квадрате).

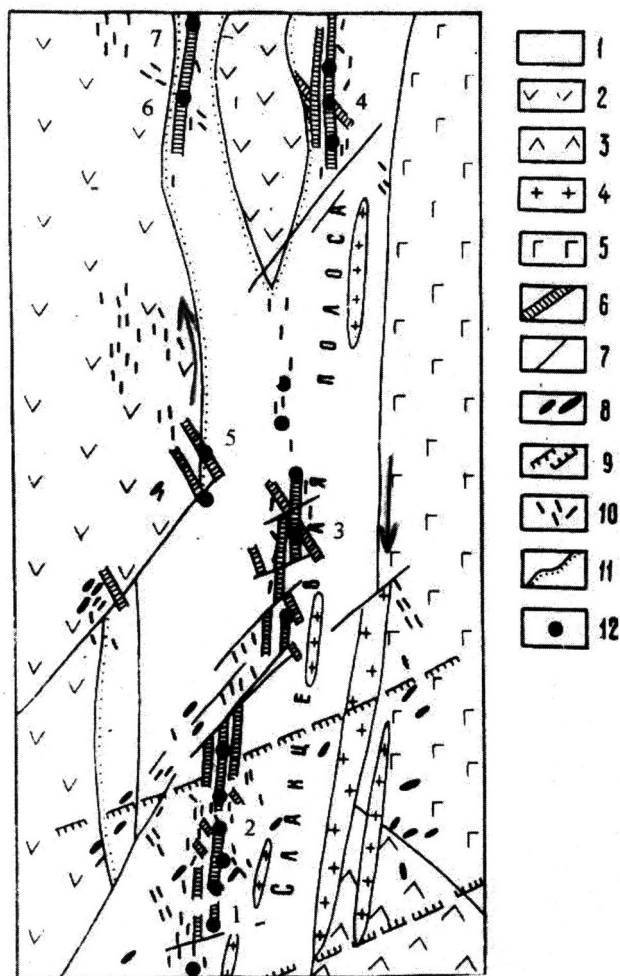


Рис. 17. Зоны смятия Кумакского золоторудного поля, сформировавшиеся в результате накопления субмеридионально ориентированных сдвиговых деформаций, основа по [12].

1 – Кумакская черносланцевая толща (C_1); 2 – вулканогенно-осадочная толща (C_1); 3 – эффузивы основного состава (D_1); 4 – гранит-порфиры (Р); 5 – габброиды (PZ_3); 6 – зоны минерализации; 7 – разломы более высокого порядка, по сравнению с 6; 8 – малые интрузии и дайки Кумакского комплекса; 9 – границы пояса развития малых интрузий СВ простирания; 10 – крупные кварцевые жилы; 11 – геологические границы; 12 – золоторудные объекты, в том числе: 1, 2 – Кумакские Южное и Северное, 3 – Байкал, 4 – Коммерческое, 5 – Амур, 6 – Миля, 7 – Лунь. Стрелками показано направление сдвигов.

Нами [38], с учетом работ К.К. Золоева [26] и М.И. Новгородовой [39], в пределах Кумакского рудного поля выделены следующие продукты гидротермального метасоматоза: фельдшпатолиты, эйситы, эпидозиты, березиты-листвениты, кварц-серицитовые метасоматиты, зоны развития биотита, хлоритоида, а также кварцевых жил. Последние отнесены к трем разновременным генерациям. Согласно [25], продуктивным по золоту являет-

ся кварц второй генерации. Длительность развития Кумакского золоторудного поля составляет 30 млн. лет. Приведенные в последнем абзаце данные позволяют однозначно отнести это рудное поле к полихронным и полигенным образованиям.

Из рис. 17 вычитывается следующее. Кумакская черносланцевая полоса отчетливо контролируется шовной зоной дуплексного типа. Последняя развивалась в два этапа: в первый сформировались сдвиги (на рис. 17 показаны стрелками) и зоны дробления и рассланцевания СЗ ориентировки. Во второй этап ориентировка сдвиговых напряжений сменилась на обратную, что привело к возникновению разломов СВ направления.

Содержание Au в черных сланцах достигает 23 мг/т – это минимально-аномальная величина для этих образований [54, с. 13]. В процессе метаморфогенно-метасоматической трансформации черных сланцев количество Au в них возрастает до 70 мг/т [38]. Источник золота кумакских рудных тел двойственный: с одной стороны – это черные сланцы, а с другой – коллизионные гранитоиды.

Таким образом, площади развития на Урале черных сланцев и их благороднометальное оруденение, несомненно, уступают по степени перспективности подобным площадям, выделенным на Востоке и Северо-Востоке страны. Сегодня состояние материалов по проблеме таково, что говорить о выделении на Урале благороднометальных провинций веских оснований нет. Необходимо комплексное изучение перспективных территорий с использованием методик поисков оруденения в черных сланцах, разработанных в восточных регионах страны.

БУДУЩЕЕ ЗОЛОТОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УРАЛА

В этом разделе работы попытаемся изложить перспективы золотой промышленности Урала (с привлечением материалов по другим регионам РФ) как для “россыпной”, так и для “коренной” ее частей.

По данным [27], в настоящее время ресурс золотоносных россыпей существенно сокращается. Предполагается, что все россыпи этого металла к 2050 г. будут отработаны. Сейчас, с опозданием, делается ставка на коренное золото, на объекты крупного масштаба. Они отличаются тем, что среднее содержание Au в их рудах незначительно превышает 1.5 г/т при большой величине запасов (обычно в несколько сотен тонн). В современных экономических и экологических условиях при постоянном росте потребностей в золоте становится выгодной отработка эфелей и лежалых отвалов “золото-го” производства. Заметим, что в них сосредоточено 50 тыс. т Au, что составляет 55–60% от всего количества этого металла, добытого за всю историю

нашей страны (данные из журнала “Золотодобывающая промышленность”, 2010, № 1, с. 32). На Урале “такого золота” не менее 100 т, что соответствует крупному месторождению этого металла и составляет более половины добытого **Au за все время эксплуатации** Березовского месторождения. Очевидно, что успешная реализация этой идеи должна, по нашему мнению, опираться на широкое внедрение в производство современных технологий извлечения золота из различных образований. Приведем два показательных примера. Первый – переработка пиритовых отходов ГОКов с использованием наносекундных импульсных воздействий (разработка осуществлена и опробована авторским коллективом под руководством уральского электрофизика член-корреспондента РАН Ю.А. Котова. Второй – широкое использование для извлечения тонкого золота центробежных концентраторов, что обуславливает поступление золота в товарный концентрат в количестве 30–40% (сведения из указанного выше журнала, с. 35). Отметим, что при обычных (стандартных на сегодня) методиках извлечения такого золота потери составляют до 80% (см. тот же журнал, с. 32–34).

“Коренная” золотая промышленность уже сейчас приступила к эксплуатации крупнообъемных золоторудных месторождений, в том числе и с упорными рудами. В качестве примера можно привести месторождение Олимпиада, на котором в 2006 г. с помощью гидрометаллургии и бактериального окисления добыто 56.2 т золота, что составляет почти треть этого металла, добытого за такой срок в РФ в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Крупные собственно золоторудные месторождения по генезису и геологической позиции объединяются в три главные автономные группы, объекты которых сопряжены со следующими комплексами: 1) черными сланцами (известны уникальные по запасам золота объекты такие, как Сухой лог, Наталка, Олимпиада, Мурунтау и др.); 2) раннеколлизийными гранитоидами тоналит-гранодиоритовой формации (связаны крупные объекты такие, как Мазер Лод, Березовское, Кочкарское и др.); 3) зеленосланцевыми поясами архейских щитов (широко известны такие крупные месторождения, как Коллар, Хоумстейк, Хемло, Йелоунайф и др.).

До 60-х годов XX в. Урал со своей золоторудной базой, основывающейся на объектах золотокварцевого типа, занимал одно из ведущих мест в мире и первое место в России и СССР. С открытием в 50-х годах XX в. двух крупных золоторудных месторождений прожилково-вкрапленного типа (Бакырчик и Мурунтау) значимость Урала как ведущей золоторудной провинции стала резко снижаться. Сейчас на Урале эксплуатируется крупное (по

уральским масштабам) Воронцовское золоторудное месторождение, в рудные зоны которого имеется вклад и углеродистой субстанции [38]. Однако по запасам **Au (75 т) этот объект является “карликом”** по сравнению с такими золоторудными гигантами, как Сухой лог (запасы **Au** – около 3 тыс. т), Мурунтау (запасы **Au** – 5.5 тыс. т), Наталка (запасы **Au** – 1.5 тыс. т), Олимпиада (запасы **Au** – 650 т, ежегодная добыча золота равна 50 т). Отметим, что в настоящее время на Востоке РФ выделены 100 перспективных площадей на открытие золоторудных месторождений крупного и среднего масштабов. В сложившейся ситуации вполне понятна государственная политика финансовой и др. поддержки поисков **Au** месторождений на Востоке и Северо-Востоке страны [27]. Что касается золотоносности уральских черных сланцев, то сегодня по этому поводу можно констатировать следующее. В регионе получили развитие разновозрастные черные сланцы – рифейские, рифейско-вендские, ордовикские, силурийские девонские и карбоновые (рис. 13). В большинстве случаев концентрация **Au** в них отвечает первому (субкларковому) уровню. Имеются также площади со вторым уровнем концентрации **Au** (это уровень промежуточных коллекторов, см. выше). На площадях, в которых проявлены только указанные два уровня концентрации **Au**, месторождений золота нет. Имеются в регионе также и площади с трехуровневой концентрацией **Au**. Третий уровень обусловлен гранитоидами тоналит-гранодиоритовой формации. В этом случае черные сланцы являются одной из составляющих комплекса вмещающих пород [50]. Очевидно, такой вариант весьма распространен в природе (см. по этому вопросу [2, с. 64]).

Нам представляется, что высокая оценка Урала на золотооруденение черносланцевого типа, сделанная в работах [4, 5, 13, 30, 41], в которых заявлено о предпосылках открытия в регионе провинций золотоплатинометального оруденения с крупными рудными узлами, является чрезмерно оптимистической. Для такого вывода необходимо на площадях с установленными вторым и третьим уровнями концентрации золота провести комплексные работы геолого-тектонического (с обязательным изучением глубинного геологического строения), метаморфогенно-метасоматического и литолого-геохимического планов. Представляется, что только после этого можно будет обоснованно оценить перспективы черных сланцев Урала на благороднометальное оруденение.

Наиболее важные вопросы “золотой” проблемы Урала сегодня представляются нам следующими:

глубокое комплексное изучение пород “черносланцевой” формации с целью подразделения ее членов на перспективные и непродуктивные по золоту и ЭПГ;

в связи с появлением нового промгента золотых месторождений, представленного золотонос-

ными корами химического выветривания, необходимо изучение механизма накопления золота в этих образованиях (с использованием “тонких” методов изучения минерального вещества) и эволюции его состава во времени;

создание четких критериев прогнозирования коренных месторождений золота по россыпям; сравнительное изучение химического состава золотин россыпей и руд золотых месторождений с целью выявления степени их соответствия;

детальное исследование продуктов коллизии (особенно гиперколлизии) с целью выяснения ее конструктивной и деструктивной роли применительно к золоторудным объектам;

исследование возможностей извлечения “тонкого” золота из россыпей (его в них, по данным Б.И. Беневольского, А.И. Кривцова, Б.С. Лунева, Б.М. Осовецкого и др. – до 80%) и других образований.

для выделенных в РФ 100 площадей [27], с которыми связываются перспективы открытия золоторудных объектов крупных и средних масштабов, необходимо решение двух задач: а) создание карты глубинного строения для этих площадей, построение геолого-генетических моделей для золоторудных объектов различных геодинамических обстановок; б) привлечение квалифицированных кадров геологов-поисковиков (не исключена их специальная подготовка и стажировка).

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований № 23 Президиума РАН и Интеграционного проекта “Развитие минерально-сырьевой базы России: освоение новых источников высокоглиноземистого сырья (минералы группы силлиманита и пирофиллита, каолины, эолы и др.)”, руководитель проекта академик РАН В.А. Коротеев.

Исследования проводились при частичной финансовой поддержке гранта 09-05-12035-офи-м и проекта УрО, СО И ДВО РАН, 2009-2011 гг. и государственной темы Г-3 (УГТУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовская О.Б., Корякова О.В., Чередниченко Н.В. и др. Новые данные по геохимии углеродистых комплексов и вещественному составу органического вещества в западном обрамлении Сысертского блока // Петрогенезис и рудообразование. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. С. 135–138.
2. Ананьев Ю.С., Коробейников А.Ф. Метасоматизм и благороднометальное оруденение в черносланцевых толщах Западной Калбы. Томск: ТПУ, 2009. 210 с.
3. Арифулов Ч.Х., Плагин Д.В., Чернояров В.Г. и др. Золоторудные месторождения “черносланцевого типа” на Южном Урале и закономерности их размещения // Отечественная геология. 2006. № 1. С. 13–22.
4. Арсентьева И.В. Условия локализации золоторудных месторождений Кировско-Кваркенского рудного района и их поисковые критерии. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ЦНИГРИ, 2010. 24 с.
5. Баранников А.Г. Золотоносность Гогинского рудно-россыпного района. Екатеринбург: УГТУ, 2006. 198 с.
6. Богатиков О.А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник РАН. 2003. Т. 73, № 5. С. 436–438.
7. Буряк В.А. Метаморфогенное рудообразование. М.: Недра, 1981. 256 с.
8. Буряк В.А., Хмелевская Н.А. Сухой лог – одно из крупнейших месторождений мира. Владивосток. ДВО РАН: Дальнаука, 1997. 156 с.
9. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кащеева И.Я. и др. О концентрировании благородных металлов углеродистым веществом // Геохимия. 1994. № 6. С. 814–824.
10. Варшал Г.М., Корочанцев А.В., Велюханова Т.К. Сорбция благородных металлов битумоидами // Углеродсодержащие формации в геологической истории Земли. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2000. С. 190–194.
11. Великанов А.Я., Сазонов В.Н. РЗЭ и другие микроэлементы в геологических образованиях золоторудного месторождения Ашка // Вестник Уральского отделения ВМО. 2010. № 7. С. 14–19.
12. Воин М. И. Особенности структуры и оруденения Кумакского рудного поля и методика выделения обогащенных интервалов в минерализованных зонах смятия // Изв. вузов. Геология и разведка. 1966. № 2. С. 77–86.
13. Высоцкий И.В., Ковалев С.Г. Проблема достоверности определения благородных металлов // Информационные материалы ИГ УНЦ РАН, 2009. С. 145–153.
14. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2002. 250 с.
15. Гарьковский В.Г. Условия образования сингенетично-эпигенетических месторождений углеродистой формации // Геология и закономерности размещения эндогенных рудных формаций Тянь-Шаня. Золото (вып. 1). Ташкент: САИГИМС, 1977. С. 4–23.
16. Георгиевский А.Ф., Марков В.Е., Железова В.Е. и др. Геолого-геохимические особенности локализации потенциально золотоносных метасоматитов Понпельшорского участка (Полярный Урал) // Мат.-лы. Всерос. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Н.В. Петровской. Т. 1. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 132–134.
17. Гурская Л.И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
18. Дамдинов Б.Б., Жмодик С.Г., Миронов А.Г. Типы платиноидного оруденения в офиолитах Восточного Саяна // Металлогения древних и современных океанов-2010. Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. С. 205–210.
19. Дистлер В.В., Юровская М.А. Золотые руды месторождения Сухой лог: соотношение метаморфизма и магматической активности // Мат.-лы Всерос. конф., посвященной 100-летию юбилею Н.В. Петровской. Т.1. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 176–178.

20. Добрецов Н.Л. Проблемы глубинной геодинамики и моделирование мантийных плюмов // Геология и геофизика. 1993. № 12. С. 5–24.
21. Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А. и др. Углеродистые формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М.: Геоинформмарк, 2007. 130 с.
22. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Котина Р.П. и др. Механизмы концентрирования благородных металлов в терригенно-углеродистых комплексах // М.: Научный мир, 1999. 124 с.
23. Жабин А.Г., Самсонова Н.С., Косовец Ю.Г. Платиноиды и золото в диагенетических пиритовых конкрециях в юрских сланцах на Южном Урале // Разведка и охрана недр. 1992. № 2. С. 2–3.
24. Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С. Золото-концентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). Новосибирск: Гео, 2008. 304 с.
25. Злобин В.А., Гасков И.В., Вьюшкова А.В. Условия формирования золотой минерализации в терригенных толщах // Природа растворов и источники рудообразующих веществ эндогенных месторождений. Новосибирск: Наука, 1979. С. 117–139.
26. Золоев К.К., Новиков И.Н. Геологическое изучение и оценка перспектив выявления месторождений благородных металлов (Au, Pt) в углеродистых вулканогенно-терригенных толщах Сурьинско-Промысловской зоны Среднего и Северного Урала. Екатеринбург: УГСЭ, 2003. 263 с.
27. Золото северного обрамления Пацифика // Материалы Междунар. горно-геологического форума. Магадан: СВКНИИ, 2008. 326 с.
28. Зубарев К.А., Костромин Д.А., Наровский П.Д. и др. Поисковые работы в центральной части Ашкинской рудной зоны, в пределах Ашкинско-Даньковской площади (Свердловская область). Екатеринбург: Уралгеолфонд, 2009. 212 с.
29. Итоги добычи золота в 2009 году // Золотодобывающая промышленность. 2010. № 1. С. 4–6.
30. Ковалев С.Г. Рифтогенный магматизм и благороднометальное оруденение западного склона Южного Урала // Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии и геохимии: мат.-лы конф. М.: ИГЕМ РАН, 2008. С. 85–87.
31. Константинов М.М., Некрасов Б.А., Сидоров А.А. и др. Золоторудные гиганты России и мира. М.: Научный мир, 2000. 272 с.
32. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Закономерности формирования и размещения месторождений благородных металлов Северо-Восточного Казахстана. Томск: ТГУ, 1994. 337 с.
33. Коротеев В.А., Сазонов В.Н., Огородников В.Н. и др. Шовные зоны Урала как интегральные перспективные рудоносные структуры // Геология рудных месторождений. 2009. № 2. С. 107–124.
34. Крупные и суперкрупные месторождения (закономерности размещения и условия образования). М.: ИГЕМ РАН, 2004. 430 с.
35. Кряжев С.Г., Ганжа Г.Б., Двуреченская С.С. Парагенезисы золота с сульфидами в черных сланцах Сухоложского рудного района // Всерос. конф., посвященная 100-летию со дня рождения Н.В. Петровской Т. 1. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 298–300.
36. Лежнеков М.А. Золотые рудно-россыпные узлы Южной части Сурьинско-Промысловской минералогической зоны. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2006. 237 с.
37. Летников Ф.А., Савельева В.В., Аникина Ю.В. и др. Высокоуглеродистые тектониты – новый тип концентрирования золота и платины // Докл. АН. 1996. Т. 347. С. 795–798.
38. Месторождения золота Урала / В.Н. Сазонов, В.Н. Огородников, В.А. Коротеев и др. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, УГГГА, 2001. 621 с.
39. Новгородова М.И., Якобс Е.И., Шинкаренко Ю.Г. Золотое оруденение и метасоматиты одного из районов Южного Урала // Вопросы петрологии и металлогении Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 115–116.
40. Осостоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2006 году // Государственный доклад Министерства природных ресурсов Российской Федерации. М.: МПР РФ, 2007. 352 с.
41. Петров Г.А., Маслов А.В. Новые данные по минерации неопротерозойских углеродистых сланцев Центрально-Уральского поднятия на Среднем и Северном Урале // Минерация докембрия. Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН, 2009. С. 198–200.
42. Попов В.А., Попова В.И. Парагенезисы форм кристаллов минералов. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1996. 103 с.
43. Рудашевский И.С. Происхождение различных типов платиноидной минерализации в породах ультрабазитовой формации // Записки ВМО. 1987. № 2. С. 222–237.
44. Рундквист Д.В. О структурах и закономерностях размещения кварц-редкометальных жильных месторождений восточного склона Урала // Геология рудных месторождений. 1964. № 2. С. 212–37.
45. Сазонов В.Н. Березит-лиственитовая формация и сопутствующее ей оруденение. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 208 с.
46. Сазонов В.Н. Золотопродуктивные метасоматические формации подвижных поясов. Екатеринбург: УГГГА, 1998. 181 с.
47. Сазонов В.Н., Великанов А.Я. Ашкинская благороднометальная зона (Средний и Северный Урал): геологическая позиция, особенности строения, состав рудных тел и сопряженных метасоматитов, практическая значимость // Литосфера. 2010. № 4. С. 116–127.
48. Сазонов В.Н., Огородников В.Н. Шовные зоны Среднего и Южного Урала: концентрация и рассеивание химических элементов на различных стадиях геологического развития региона // Геология Урала и сопредельных территорий. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 246–259.
49. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А. Поведение РЗЭ в низко-среднетемпературном гидротермальном процессе и их индикаторная роль на примере метасоматических колонок, дифференцированных по составу эдуктов (Урал) // Литосфера. 2006. № 3. С. 108–124.
50. Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А. Пирит собственно золоторудных месторождений: фор-

- ма, золотоносность, ее обусловленность, теоретическое и практическое значение // Уральская минералогическая школа. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. С. 66–74.
51. *Сначев А.В.* Палеогеографические условия и рудоносность углеродистых отложений чулоксайской свиты (Восточно-Уральская мегазона) // Геологич. сб. № 8. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2009. С. 210–220.
 52. *Шахтыров В.Г.* Сдвиговые структурные ансамбли и золотое оруденение Яно-Колымской складчатой системы. Автореф. дисс.... док. геол.-мин. наук. Иркутск: ИГТУ, 2010. 51 с.
 53. *Шер С.Д.* Металлогения золота (Европа, Африка, Южная Америка). М.: Недра, 1974. 255 с.
 54. *Юдович Я.Э., Кемпус М.П., Мерц А.В.* Геохимия и рудогенез золота в черных сланцах. Сыктывкар: Геонаука, 1990. 61 с.
 55. *Buryak V.A.* Significance of sedimentary environment and metamorphism in formation of gold mineralization in Precambrian carbonaceous strata of Siberia and the Far East // Proc. IGCP. Project 254. Inaugural meeting. Prague. 1988. P. 17–24.
 56. *Evensen N.M., Hamilton P.J., O’Nion R.K.* Rare earth abundances in chondrite meteorites // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1978. V. 42. P. 1199–1212.
 57. *Hutchinson R.W.* Multi-stage, multi-process genetic hypotheses for greenstone-hosted gold bodies // *Ore Geol. Review*. 1993. V. 8. P. 349–382.
 58. *Large R., Danishevsky L., Hollit Ch. et al.* Gold and trace element zonation in pyrite using a laser imaging technique: implications for the timing of gold in organic and Carlin-style sediment-hosted deposits // *Econ. Geol.*, 2009. V. 104. P. 635–668.
 59. *Large K., Maslennikov V., Robert F. et al.* Multistage sedimentary and metamorphic origin of pyrite and gold in the giant Sukhoy log deposit, Lena gold province, Russia // *Econ. Geol.* 2007. V. 102. P. 1233–1267.

Gold in “black shales” of the Urals

V. N. Sazonov*, **V. A. Koroteev***, **V. N. Ogorodnikov****, **Yu. A. Polenov****, **A. Ya. Velikanov****

**Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

***Urals State Mining University*

The Urals was the main gold province in our country and one among main gold provinces in the world up to half of XX century. In 50-years of last century were opened two big deposits – Bakyrchik and Muruntau which are belong to veinlet-desseminated type and located in the “black” shales. From this time a role of the Urals as a mine gold province begin to drop. Search of gold mineralization in black shales of the Urals during 60-70 - years of XX century had negative result. Some later search was oriented on gold mineralization veinlet-desseminated type not only in black shales but in the other rocks. As a result some gold deposits in the South, Central and Polar Urals were opened. Now in the Urals there are some Au-perspective areas with three levels gold’s concentration: the first – subclarke content of gold and its small anomalies; the second – gold content in a level of the intermediate collectors (or base formations after A.A. Sidorov); the third – gold content forming as a result of magmatic (collision granitoids)-hydrothermal system’s action. These ones are specialized on Au, Cl, S. The black shales in the third rank are a single rock among substances of ore-enclose complex. Authors consider that in the Urals gold perspective areas are into “black” shales locate in its west side. For estimation such areas it is need to indicate their deeply constructions by the complex of geologic-geophysics investigations. For formation of big deposits in suture zones two conditions can be realized: metamorphism of rocks (green shales facie) and presence of collision granitoids with mantle source of fluids.

Key words: black shales, gold mineralization, rift-collision tectonic structure, intermediate collector of gold, intrusive and upper intrusive types of gold deposits.