

# ЭКЗОГЕННАЯ ЗОЛОТОНОСНОСТЬ



УДК 553.411.068.368 (571.15)

© Коллектив авторов, 2006

## ФАКТОРЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Р.С.Родин, Н.М.Кужельный, Ю.И.Лоскутов, Л.А.Дмитриева (СНИИГГиМС Роснедра МПР России)

В последние годы значение проблемы золота в корях выветривания резко возросло. Месторождения этого типа выявлены и успешно отрабатываются в Австралии, Новой Гвинее, Центральной Африке, Бразилии, Колумбии, Перу, Индии, Вьетнаме и других районах мира. В Австралии разведано крупное месторождение золота в бокситах (Боддингтон), прогнозные ресурсы которого оцениваются в 300 т.

В России золотоносные коры выветривания установлены на Урале, Алтае, Салаире, в Кузнецком Алатау, Горной Шории, Восточном и Западном Саяне, на Енисейском кряже, Сибирской платформе, Таймыре, Витимо-Патомском нагорье, Алданском щите, Северо-Востоке и Востоке России. По данным Б.И.Беневоляского [2], добыча золота из кор выветривания в Российской Федерации достигала 31,6% от общей добычи, в то время как прогнозные ресурсы составляют 5,8%, а запасы 3,2%. Это указывает на необходимость резкого усиления исследований этого вида полезных ископаемых для выделения перспективных площадей.

В период проведения на территории бывшего СССР широкомасштабных работ на бокситы был накоплен огромный фактический материал по корам выветривания. Именно эти материалы должны лечь в основу исследований золотоносности кор выветривания, поскольку в настоящее время уже никто не сомневается в золотоносности латеритных кор и связанных с ними бокситов.

При построении моделей существуют принципиальные расхождения в базовых представлениях о задачах моделирования, принципах и методах формирования моделей, их содержании и назначении [6]. А.И.Кривцов [8] предлагает выделять следующие типы моделей: генетические, геолого-генетические, классификационно-признаковые, статистические признаковые, соподчиненных элементов,

количественные геолого-промышленные. Генетические и геолого-генетические модели месторождений как соподчиненных элементов частично отвечают классификационно-признаковым, но имеют преимущественно прогнозно-поисковую направленность. Этот тип моделей взят нами за основу.

При создании геолого-генетических моделей золотоносных кор выветривания западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) нами анализировались следующие факторы их формирования — палеоклиматический, тектонический, геоморфологический, критерий субстрата, а также геофизический и геохимический.

С помощью *палеоклиматического фактора*, учитывающего два основных параметра (температуру и влажность), определяются условия выветривания в ту или иную геологическую эпоху. В соответствии с данными палинологии и палеонтологии на территории западной части АССО гумидный тропический климат господствовал в позднем триасе — ранней юре, поздней юре, с конца раннего мела по эоцен включительно, что подтверждается многочисленными находками на территории области, а также на Сибирской платформе и в прилегающих районах продуктов латеритизации (железистых кирас, бобовых и псевдоморфных бокситов, красноцветных каолиновых глин и т.п.). Климатические параметры, при которых формируются подобные образования, — это среднегодовые температуры  $+20^{\circ}\text{C}$  и выше и среднегодовые осадки более 1200 мм. Они выявлены с помощью экспериментов и к тому же соответствуют современным гумидным тропикам, расположенным между  $20^{\circ}$  северной и южной широт, где особенно широко развиты упомянутые продукты латеритизации.

*Тектонический фактор*. Формирование и сохранность кор выветривания определяются истори-

ей геологического развития рельефа. Если для их активного образования благоприятным является устойчивое медленное воздымание территории (при этом обеспечивается интенсивный дренаж), то для сохранности продуктов выветривания необходимо стабильное ее состояние с тенденцией к опусканию. О том, что в пределах западной части АССО устойчивое положение территории господствовало на протяжении всего мел-палеогенового времени, свидетельствуют многочисленные проявления кор выветривания (вплоть до латеритных с бокситами), установленные на Салаире, в Кузнецком Алатау, Горной Шории, Горном Алтае, менее — в Рудном Алтае. Максимальной сохранностью обладают многочисленные проявления кор выветривания, зачастую с бокситами, в местах, испытавших в неоген-четвертичное время устойчивое погружение. Это зоны сочленения Бийско-Барнаульской, Неня-Чумышской, Чулымо-Енисейской впадин с их складчатым окружением.

Несомненно, значительную роль в формировании кор выветривания рассматриваемого региона сыграли зоны региональных разломов и смятия. В подобных условиях, помимо атмосферных агентов выветривания, активно действуют агрессивные эндогенные водные растворы, а также тепловые потоки. Кроме того, именно в зонах разломов породы обладают повышенной трещиноватостью, что увеличивает дренаж и ускоряет процессы выщелачивания. К зонам разломов приурочена повышенная сульфидизация, окисление которой сопровождается образованием серной кислоты, усиливающей выветривание пород. Для примера отметим, что в Кузнецком Алатау и Горной Шории роль ускорителя процессов образования кор играл в мел-палеогеновое время Кузнецко-Алатауский глубинный разлом субмеридионального направления, сопровождающийся зоной смятия шириной 5–10, местами до 20 км.

*Геоморфологический фактор* — опосредованное проявление тектонического, поскольку формирование и сохранность рельефа определяются характером орогенических движений, образованием пликативных и дизъюнктивных дислокаций и их нивелировкой экзогенными процессами. Поскольку коры выветривания являются поверхностными образованиями, их состояние на сегодняшний день обусловлено морфологией рельефа.

В западной части АССО поверхности выравнивания развиты на складчатом основании и срезают многие складчатые структуры разного порядка, где наблюдаются частое переслаивание пород с наклонным залеганием, многочисленные зоны расланцевания, трещиноватости, что способствует интенсивной фильтрации метеорных вод, различ-

ных глубинных эманаций и в конечном итоге ускоряет развитие кор выветривания.

На территории АССО закартировано разное число денудационных поверхностей выравнивания: на Салаире — 5, в Горной Шории — 10, в Кузнецком Алатау — более 10 и т.д. Их возраст колеблется от среднетриасового до раннечетвертичного, однако наибольший интерес представляют мел-палеогеновые уровни рельефа, поскольку именно с ними связана основная золотоносность.

Важный элемент геоморфологического и палеоклиматического факторов прогноза золотоносности кор выветривания — наличие региональных уступов в рельефе, как правило, предопределенных региональными разломами, разделяющими разнородные структуры высокого порядка [10]. Такие уступы существуют между Западно-Сибирской плитой и Алтаем, между этой же плитой и Сибирской платформой, Енисейским кряжем, между Салаиром и Кузнецкой котловиной и т.д., а также в других регионах. Значение региональных уступов, как минимум, двойное. Во-первых, они создают преграду для влажных ветров, дующих с акваторий морей и океанов на континенты, в результате чего образуются аномально влажные зоны (осадки превосхождения). Во-вторых, в зонах региональных уступов, обусловленных разломами, породы испытывают дезинтеграцию и, как результат, возникают многочисленные останцовые формы и создаются оптимальные условия для дренажа. Помимо аномально высокой влажности и активного дренажа, в зоне региональных разломов, как правило, проявляются вулканические и поствулканические процессы, с которыми зачастую связано оруденение, в том числе и золото.

Специализированное значение геоморфологического фактора заключается в «отрисовывании» при картировании денудационных и денудационно-аккумулятивных поверхностей эрозионной (гидрографической) сети, в пределах которой мел-палеогеновые коры выветривания, как правило, не сохраняются.

Значение *геолого-литологического фактора* очевидно, поскольку коры выветривания, развиваясь по золотосодержащим породам различной формационной принадлежности (золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золотоносных скарнов, золотосодержащей колчеданно-полиметаллической и др.), как правило, улучшают технологические показатели руд, разрыхляя их. Несколько сложнее — определение золотоносности продуктов выветривания, образовавшихся по породам с не выявленным золотом. Особенно это относится к терригенно-карбонатно-вулканогенным углеродсо-

державшим толщам, поскольку в последние годы именно в них открыт ряд крупных и гигантских месторождений (Сухой Лог, Олимпиадинское, Мурунтау, а также месторождения типа Карлин в штате Невада, США).

Как стало известно в последние годы, в качестве источников золота для россыпей могут служить бокситы, оксидные марганцевые и железные руды, вермикулиты, гипергенные фосфориты, вторичные кварциты, аргиллизиты и, возможно, другие образования.

При выветривании золотосодержащего субстрата повышается пробность золота (удаляются примеси при регенерации), увеличиваются относительное содержание металла (за счет выноса из пород субстрата легкоподвижных компонентов), гранулометрический класс золотин (как за счет слипания мелких, тонких частиц, так и за счет регенерации), при этом тонкое и дисперсное золото переходит в разряд гравитационного.

Важна роль карбонатных пород среди золотоносных кор выветривания по черносланцевым комплексам. Во-первых, карбонатные породы могут быть золотосодержащими [3, 7], а попав в зону гипергенеза, они становятся более богатыми по содержанию золота за счет выщелачивания карбонатной составляющей. Во-вторых, развитие карста приводит к образованию депрессионных форм, в которых может накапливаться и сохраняться от денудации нерастворимый остаток, в том числе и золото. Разрушение карбонатных пород сопровождается выделением большого количества углекислоты, которая способствует интенсивному выветриванию.

*Геохимический фактор.* В геохимических полях индикаторами золотоносности кор выветривания служат вторичные ореолы рассеяния золота и элементов-спутников (Co, Ni, Mo, As, Hg, Bi, Sb, Be, Te, Ba, Y, V, W и др.), коррелятивные коэффициенты отдельных элементов-спутников с золотом и между собой, мультипликативные ореолы рассеяния.

Значение *геофизического фактора* (Н.А.Гладков и др., 1995; Р.С.Родин и др., 1978) сводится к учету градиентных сложно построенных аномальных зон (ступеней) в гравитационном поле, отражающих глубинные разломы, которые контролируют оруденение, в том числе золотое, а также линейных магнитных аномалий, проявляющихся на отдельных участках в виде сложно построенных аномальных узлов. Все известные рудно-россыпные узлы, как это установлено для Горной Шории (Ортон-Федоровский, Казский, Кондомский, Каурчакский и ряд других), тяготеют к площадям распространения слабо отрицательных или нормальных аэромагнитных полей.

В рудоконтролирующих глубинных разломах АССО проявляются линейно вытянутые региональные аномалии естественного электрического поля [4], с которыми связаны многие золоторудные и россыпные месторождения Горной Шории, Салаира, Горного Алтая, Восточного Саяна.

Золотоносные коры выветривания в пределах известных рудно-россыпных площадей (Кара-Кичинская рудная зона, район Джелсайского и Майского месторождений, Коуринская и Каурчакская площади) часто сопровождаются характерными знакопеременными локальными магнитными аномалиями различной интенсивности.

На основании перечисленных факторов нами составлены карты кор выветривания, геолого-литологическая (субстрата), золотоносности и геоморфологическая (специализированная на золото), которые могут использоваться для прогноза на золото, связанное с корами выветривания, и считаться картографической моделью.

Методика составления карты кор выветривания (рис. 1) — общепринятая для карт подобного содержания и масштаба. В качестве топографической основы использованы разгруженные топографические карты м-ба 1:200 000. В легенде отражены типы кор выветривания по морфологии (площадные, линейные) и минеральному составу. Показаны площади развития продуктов ближнего перераспределения коры выветривания. На алюмосиликатном субстрате они выполняют эрозионные понижения в древнем рельефе, а на карбонатных отложениях — карстовые депрессии, западины и т.д. Учитывая характер развития элювиальных образований как тел, не имеющих в плане резких границ, последние в некоторой степени являются условными. Кроме того, в пределах полей развития элювия могут встречаться участки, где элювий отсутствует. Площадные коры выветривания изображены контурами в масштабе карты, а немасштабные проявления — соответствующим знаком. Протяженность линейных кор выветривания показана в масштабе, а горизонтальная мощность — вне масштаба. Одиночные карсты также показаны вне масштаба, а площади широкого их развития (карстовые поля) — в масштабе. В разрыве контуров полей элювия и около соответствующих знаков, где имеются сведения, даны максимальная мощность и минеральный состав.

По минеральному составу выделяются каолиновый, гидрослюдистый, монтмориллонитовый, окристый (бурожелезняковый), марганцовистый, маршаллитовый, фосфатный и другие типы. Специальными индексами отмечено присутствие в корях выветривания гиббсита, галлуазита, алюмогидрокальцита. Мономинеральные коры выветривания

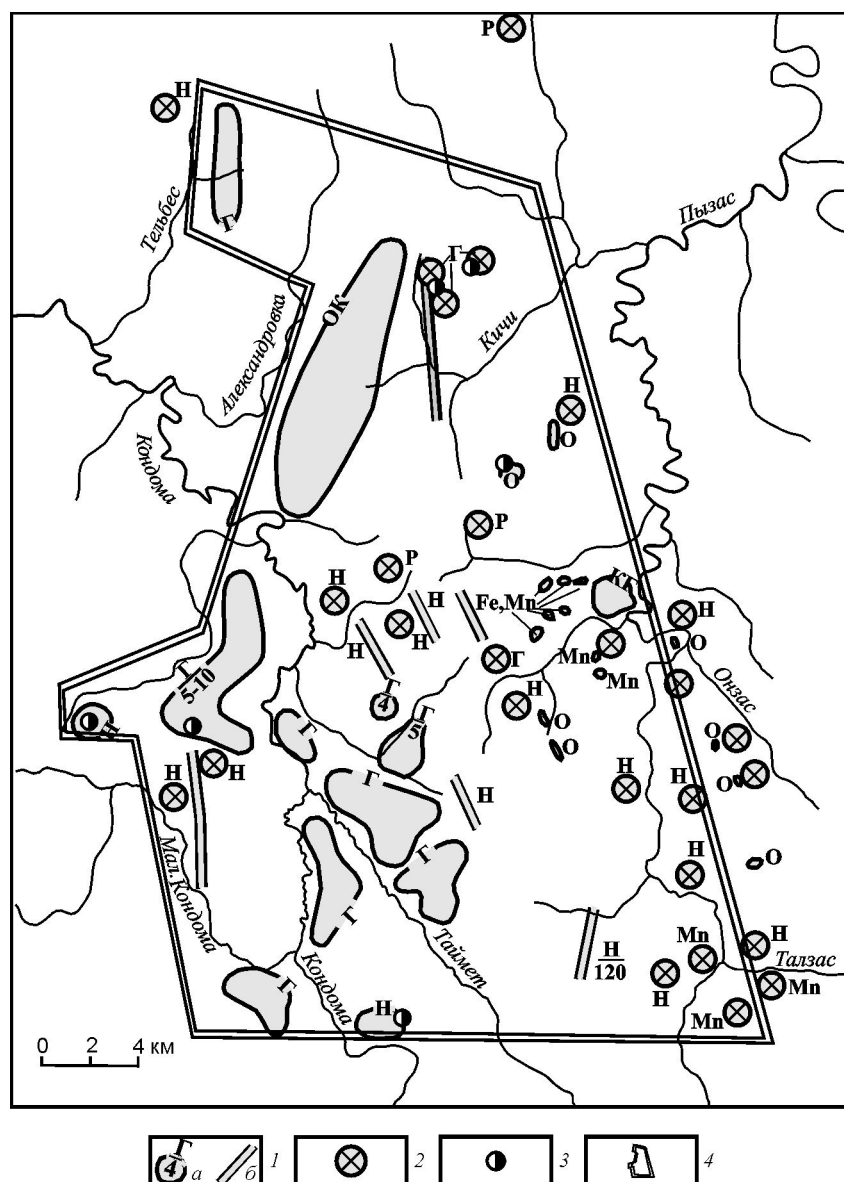


Рис. 1. Фрагмент карты мезозойско-кайнозойских кор выветривания Горной Шории:

1 —  $\text{e}\dot{\text{i}}\text{d}\dot{\text{u}} \text{a}\dot{\text{u}}\text{a}\dot{\text{a}}\text{o}\dot{\text{d}}\text{e}\text{a}\dot{\text{a}}\text{i}\dot{\text{e}}\text{y}$ : a —  $\text{i}\dot{\text{e}}\text{u}\text{a}\text{a}\dot{\text{i}}\dot{\text{u}}\text{a}$ , б —  $\text{e}\dot{\text{e}}\dot{\text{i}}\text{a}\dot{\text{e}}\dot{\text{i}}\dot{\text{u}}\text{a}$  ( $\text{a} = \text{e}\dot{\text{h}}\text{e}\text{o}\text{d}\text{a}\text{e}\text{a} - \text{i}\dot{\text{e}}\dot{\text{i}}\text{a}\text{d}\text{a}\text{e}\text{u}\dot{\text{i}}\text{u}\dot{\text{e}} \text{n}\dot{\text{i}}\text{n}\text{o}\text{a}\text{a}$ ,  $\text{a}$   $\text{c}\dot{\text{i}}\text{a}\dot{\text{i}}\text{a}\dot{\text{i}}\text{a}\text{o}\text{d}\text{a}\text{e}\text{a} - \text{i}\dot{\text{u}}\dot{\text{i}}\text{n}\dot{\text{o}}\text{u} \text{e}\dot{\text{i}}\text{d}\dot{\text{u}}$ ); 2 —  $\text{i}\dot{\text{d}}\dot{\text{i}}\text{a}\text{o}\text{e}\text{o}\dot{\text{u}} \text{a}\dot{\text{u}}\text{a}\dot{\text{a}}\text{o}\dot{\text{d}}\text{e}\text{a}\dot{\text{a}}\text{i}\dot{\text{e}}\text{y} \text{a} \text{e}\text{a}\text{n}\text{o}\text{a}\text{o}$ ; 3 —  $\text{e}\dot{\text{i}}\text{d}\dot{\text{u}} \text{a}\dot{\text{u}}\text{a}\dot{\text{a}}\text{o}\dot{\text{d}}\text{e}\text{a}\dot{\text{a}}\text{i}\dot{\text{e}}\text{y} \text{n} \text{o}\text{n}\text{o}\dot{\text{a}}\text{i}\text{f}\text{a}\text{e}\dot{\text{a}}\text{i}\text{i}\text{f}\text{e} \text{c}\dot{\text{i}}\text{e}\dot{\text{i}}\text{o}\dot{\text{i}}\text{i}\text{n}\dot{\text{i}}\text{n}\dot{\text{o}}\text{u}\text{p}$ ; 4 —  $\text{e}\dot{\text{i}}\text{p}\text{o}\text{o}\dot{\text{d}} \text{i}\text{a}\dot{\text{d}}\text{n}\dot{\text{i}}\text{a}\text{e}\text{o}\text{d}\text{e}\text{a}\dot{\text{i}}\text{f}\text{e} \text{i}\text{e}\text{u}\text{a}\text{a}\text{e}$ ;  $\text{i}\dot{\text{d}}\dot{\text{i}}\text{a}\text{e}\text{a}\text{a}\text{a}\text{p}\text{u}\text{e}\text{e} \text{i}\dot{\text{e}}\dot{\text{i}}\text{a}\text{d}\text{a}\text{e}\text{u}\dot{\text{i}}\text{u}\dot{\text{e}} \text{n}\dot{\text{i}}\text{n}\text{o}\text{a}\text{a}$ : E —  $\text{e}\dot{\text{a}}\text{i}\text{e}\dot{\text{e}}\text{i}\text{e}\text{o}\dot{\text{i}}\text{a}\dot{\text{u}}\dot{\text{e}}$ , A —  $\text{a}\text{e}\text{a}\text{d}\dot{\text{i}}\text{n}\text{e}\text{p}\text{a}\text{e}\text{n}\dot{\text{o}}\dot{\text{u}}\text{e}$ , I —  $\text{i}\dot{\text{o}}\text{d}\text{e}\text{n}\dot{\text{o}}\dot{\text{u}}\text{e}$ , Mn —  $\text{i}\dot{\text{a}}\text{d}\text{a}\dot{\text{a}}\text{i}\text{o}\dot{\text{i}}\text{a}\text{e}\text{n}\dot{\text{o}}\dot{\text{u}}\text{e}$ , Fe, Mn —  $\text{a}\text{e}\text{a}\text{e}\text{c}\text{e}\text{n}\dot{\text{o}}\text{i}\text{-i}\dot{\text{a}}\text{d}\text{a}\dot{\text{a}}\text{i}\text{o}\dot{\text{i}}\text{a}\text{e}\text{n}\dot{\text{o}}\dot{\text{u}}\text{e}$ , P —  $\text{o}\dot{\text{i}}\text{n}\text{o}\text{a}\text{o}\dot{\text{i}}\text{u}\dot{\text{e}}$ , EA, IE —  $\text{n}\text{e}\text{i}\text{a}\dot{\text{i}}\text{u}\dot{\text{e}}$  ( $\text{e}\dot{\text{a}}\text{i}\text{e}\dot{\text{e}}\text{i}\text{e}\text{o}\text{-a}\text{e}\text{a}\text{d}\dot{\text{i}}\text{n}\text{e}\text{p}\text{a}\text{e}\text{n}\dot{\text{o}}\dot{\text{u}}\text{e} \text{e} \text{o. a.}$ ), H —  $\text{i}\dot{\text{a}}\text{o} \text{a}\dot{\text{a}}\dot{\text{i}}\text{u}\dot{\text{o}}$

встречаются редко, поэтому сложный их состав отражен сочетанием соответствующих знаков. Специальным знаком отражены коры выветривания с неизвестными мощностью и минеральным составом. Отдельным знаком в разрыве контура показаны распространение продуктов их ближнего перетолжения, места, где в продуктах коры выветривания установлено золото, вне зависимости от его количества.

При прочих равных условиях перспективными на золото будут более зрелые продукты выветривания, к которым, по современным представлениям, относится элювий, содержащий гиббсит, оксиды железа, марганца и т.д. Золотоносность элювия с гиббситом, в том числе и бокситоносного, установлена во многих районах в России (Кузнецкий Ала-тау, Салаир, Енисейский кряж и т.д.) и за рубежом (Австралия, Бразилия и т.д.). Марганценозные ко-

ры выветривания с промышленным содержанием золота (до 10 г/т) нами обнаружены на Дурновском марганцевом месторождении на Салаире [5]. Они эксплуатируются на Мурзинском месторождении на северо-западе Горного Алтая. Золотоносность оксидных марганцевых руд (1,5 г/т) известна также на Сунгайском месторождении, Тягунском и других проявлениях (Салаир), Новофирсовском месторождении и ряде проявлений в Горном Алтае. В этом отношении весьма интересны оксидные марганцевые руды Усинского месторождения в Кузнецком Алатау. На его площади и в прилегающем районе развиты многочисленные проявления золота, по р. Уса и ее притокам — россыпи золота, которые ранее обрабатывались. Охристые (бурожелезняковые) коры выветривания часто развиваются по сульфидизированным породам и характеризуются повышенным содержанием золота. Они известны во многих пунктах западной части Алтае-Саянской складчатой области.

В последние годы установлены растворимость золота и возможность его переноса и осаждения на различных, прежде всего щелочных, геохимических барьерах. В связи с этим можно полагать, что золотоносные коры выветривания формируются не только по породам с повышенным содержанием золота, но и с кларковым. Заслуживают внимания продукты коры выветривания на контактах карбонатных и алюмосиликатных пород (линейные коры выветривания, отложения, выполняющие карсты и т.д.). С этих позиций можно рассматривать обогащение золотом плотика россыпей на карбонатных отложениях, что характерно для западной части Алтае-Саянской складчатой области.

Геолого-литологическая карта (рис. 2) отражает состав пород субстрата, на котором формировались коры выветривания. Используются опубликованные и фондовые картографические материалы м-ов 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000 и объяснительные записки к ним.

Созданные геолого-литологические карты м-ба 1:500 000 не предназначены для определения состава субстрата для конкретных проявлений кор выветривания. Их значение заключается в информации о комплексах пород, которые развиты в прогнозируемом регионе. К примеру, в центральной части Салаира широко развиты породы аламбайской свиты (венд–нижний кембрий), представленной терригенными (алевролиты, сланцы, песчаники), карбонатными и вулканогенными (эффузивно-осадочными) образованиями. Развитые по ним коры выветривания различаются: по составу — гидрослюдистые, каолинитовые, вплоть до латеритных с бокситами; по морфологии — площадные, линейные, вплоть до выполняющих карстовые депрессии, ес-

ли позволяет субстрат; по набору полезных компонентов (Mn, Al, Fe, Au, Ni, P и т.д.). В этом же регионе в зоне гипергенеза зафиксированы гипербазитовые массивы, на которых сформировались весьма своеобразные нонtronитовые коры выветривания, в продуктах конечного гидролиза которых выявлены высокие концентрации Co, Ni, Mn.

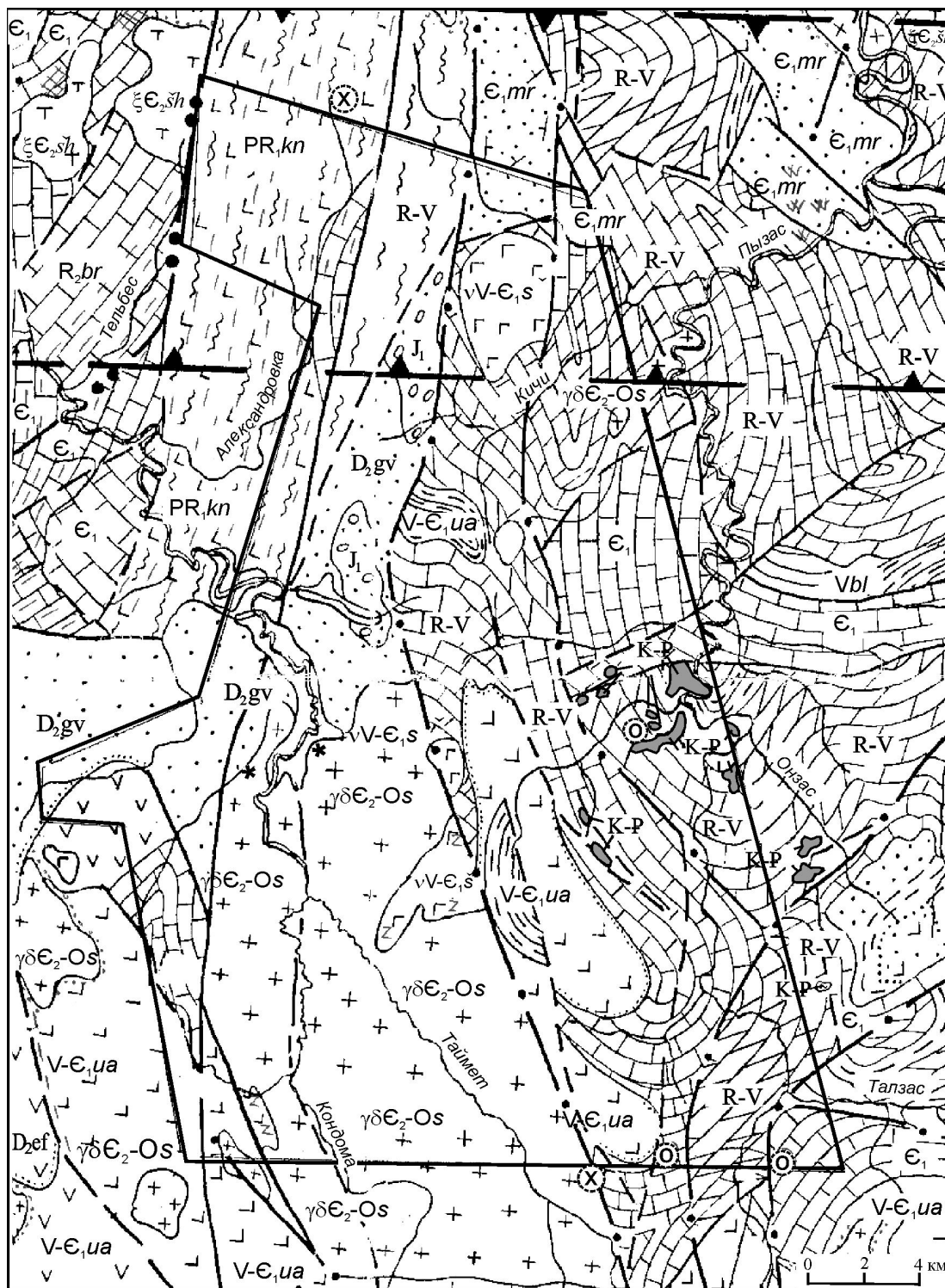
Карта золотоносности (рис. 3) для выявления золотоносных кор выветривания строится с учетом собственно рудоносных формаций коренного золота, золотосодержащих, рудных — потенциально золотоносных и россыпной золотоносности.

К собственно золоторудным формациям в АССО относятся золото-сульфидно-кварцевая (плутоногенно-гидротермальная), золото-алюмосиликатная (скарновая), золото-серебро-сульфидная (эпитермальная), золотоносных конгломератов (осадочная). К золотосодержащим формациям принадлежат железорудная (скарновая), меднорудная (скарновая), колчеданно-полиметаллическая и медноколчеданная (гидротермально-метасоматические), серебро-кварцевая (гидротермальная) и некоторые другие с оруденением, в котором золото присутствует в качестве второстепенного компонента.

Прямым признаком проявления гипергенных процессов на рудных объектах служат зоны окисления, в которых нередко накапливается золото. Информация о зонах окисления на карте фиксируется дополнительным обозначением на знаке оруденения. Кроме того, на карту выносятся потенциально золотоносные объекты, в которых обнаружено присутствие золота или оно предполагается по аналогии с уже известными проявлениями. Среди многочисленных потенциально золотоносных проявлений указываются те, в которых золото обнаружено. Выделяются эндогенные и экзогенные группы потенциально золотоносных формаций. К эндогенным отнесены плутоногенные формации — хромитовая, титаномагнетитовая, скарново-боросиликатная, к гидротермальным — кварц-флюоритовая, магнетитовая, сурьмяная, ртутная, к метасоматическим — кварцитовая и др.

Особое значение для выявления золотоносных кор выветривания имеют экзогенные потенциально золотоносные формации — марганцовистая (инфильтрационная и элювиальная), бурожелезняковая (инфильтрационная и элювиальная), глинистая (элювиальная и ближнего переотложения), бокситовая латеритная (элювиальная и карстовая).

Еще А.Я.Булынниковым [1] на Салаире подмечено пространственное сопряжение зон сульфидного оруденения с бурыми железняками, бокситами, огнеупорными глинами, марганцевыми скоплениями, а также с кварцевыми жилами, кварцитами



K-P	1	J <sub>1</sub>	2	D <sub>2</sub> gv	3	D <sub>2</sub> ef	4	E <sub>1</sub>	5	E <sub>1</sub> mr	6	V-E,ua	7	Vbl	8	R-V	9	R <sub>2</sub> ,br	10
PR,kn	11	γδE <sub>2</sub> -Os	12	ξE <sub>2</sub> sh	13	vV-E,s	14	■	15	⋯	16	⊙	17	▭	18	▨	19	▩	20
▨	21	▩	22	┌┐	23	∇∇	24	□	25	┌┐	26	+ x +	27	▨	28	∇∇	29	* * *	30
⊙	31	⊗	32	z z	33	⊙	34	▨	35	▨	36	▨	37	▨	38	▨	39	▨	40

и россыпями золота. По его мнению, данный комплекс полезных ископаемых связан с древней корой выветривания. Проявления бурых железняков часто представляют собой останцы «железных шляп» сульфидных проявлений. В них концентрируется золото, имеющее геохимическое сродство с железом и освобождающееся при разложении сульфидов. Та же связь золота прослеживается и с марганцевыми образованиями кор выветривания.

Латеритные коры выветривания рассматриваются как потенциальный источник золотого оруденения. Поэтому на карте золотоносности показаны все проявления бокситов, связанные с образованиями кор выветривания того же возраста. Нередко латеритные коры выветривания развиваются по породам глинисто-сланцевых толщ, в которых интенсивно проявлялись процессы эруптивной деятельности, окварцевания (мощные жилы кварца или микрокварцитов) и метасоматоза. Все эти процессы часто сопровождаются сульфидной и кварцевой минерализацией, приводящей к обогащению рудными компонентами материнского субстрата коры выветривания.

Для полноты картины золотоносности рассматриваемой территории на карту золотоносности выносятся россыпи разных фациальных типов — аллювиальные и делювиально-аллювиальные, долинные и ложковые, аллювиальные террасово-уваль-

ные неоген-четвертичного и четвертичного возрастов. Элювиальные, делювиальные, пролювиальные преимущественно древние (палеоген-неогеновые) россыпи развиты в корях выветривания линейно-площадного и линейно-карстового типов. Они расположены на коренных источниках или в непосредственной близости от них. Наибольший интерес представляют делювиальные и аллювиальные россыпи в переотложенных красноцветных продуктах коры выветривания древних долин, ложбин и карстовых депрессий, которые могут находиться в непосредственной близости от коренных источников.

Таким образом, при составлении карты золотоносности используется комплексный подход, учитывающий все возможные эндогенные и экзогенные источники золота для кор выветривания.

Специализированная геоморфологическая карта — один из основных картографических документов при прогнозировании золотоносных кор выветривания, так как формирование и сохранность последних напрямую зависят от рельефа. Для формирования кор выветривания наиболее благоприятны относительно высокие, хорошо дренируемые уровни рельефа (останцы на момент корообразования), а также прибрежные части крупных уступов между ними. Степень сохранности денудационных поверхностей в плане и, следовательно, вероятная сохранность на них кор выветривания четко фикси-

## Рис. 2. Фрагмент геолого-литологической карты Горной Шории:

*стратиграфические подразделения:* 1 — мел-палеогеновые пестроцветные глины, пески, галечники, алевролиты, сидериты, бурые угли, карстовые фосфориты; 2 — нижнеюрские конгломераты, граувакковые песчаники, глинистые и алевритовые сланцы, прослой угля; 3 — живетские песчаники, алевролиты, гравелиты, туфы среднего и основного составов, конгломераты, порфириты; 4 — эйфельские нерасчлененные красноцветные и серые песчаники, алевролиты, конгломераты; 5 — нижнекембрийские нерасчлененные известняки, сланцы, песчаники; 6 — нижнекембрийская мрасская свита — глинистые, кремнистые, глинисто-кремнистые сланцы, известняки, песчаники, конгломераты, плагиобазальтовые порфириты и их туфы, желваковые фосфориты; 7 — венд-нижнекембрийская устьянзаская свита — пироксеновые, пироксен-плагиоклазовые порфириты, эффузивы афировой структуры, туфобрекчии, агломераты, туфы, известняки, доломиты, кремнистые породы, граувакковые песчаники, прослой алевролитов и глинистых сланцев; 8 — вендская белкинская свита — известняки серые, темно-серые, черные фосфатные доломитистые, известняковые брекчии, доломиты, глинистые, кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы, кварциты, фосфориты; 9 — рифей-вендские нерасчлененные метаморфические сланцы, известняки, доломиты, вулканиты основного состава; 10 — среднерифейская баратальская свита — мраморизованные серые и темно-серые часто слоистые известняки, пласты и пачки антраконитовых мраморов и доломитов, темно-серые и черные силицилиты, глинистые и глинисто-кремнистые сланцы, базальтовые и андезитово-базальтовые вулканиты; 11 — нижнепротерозойская конжинская свита — амфиболиты, гнейсы, кристаллические сланцы с прослоями мраморов, метакварциты; *интрузивные образования:* 12 — среднекембрийско-ордовикский садринский комплекс — граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, плагиограниты, диориты, 13 — среднекембрийский шальмский комплекс — сиениты, граносиениты, нефелиновые сиениты; 14 — венд-раннекембрийский шорбинский комплекс — габбро, габбро-диабазы, габбро-диориты, диабазовые и диоритовые порфириты, габбро-пироксениты, пироксениты, габбро-перидотиты; *литологические и петрографические разности пород:* 15 — глины, 16 — песчаники, алевролиты, 17 — конгломераты, 18 — известняки, 19 — глинистые известняки, 20 — доломиты, 21 — глинистые, кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы, 22 — метаморфические сланцы по эффузивам основного состава, 23 — лавы основного состава, 24 — лавы среднего состава; *интрузивные породы:* 25 — сиениты, 26 — габбро, 27 — гранодиориты; *вторичные изменения пород:* 28 — скарированные породы, 29 — вторичные кварциты, 30 — гидротермально-метасоматические породы, 31 — окварцевание, 32 — хлоритизация, 33 — амфиболитизация; *разрывные нарушения:* 34 — региональные глубинные (а — первого, б — второго порядков), 35 — прочие (а — установленные, б — предполагаемые); *границы:* 36 — нормальных стратиграфических и интрузивных контактов (а — достоверные, б — предполагаемые), 37 — несогласного залегания отложений, 38 — литолого-петрографических разностей пород; 39 — зоны скрытых глубинных разломов широтного простирания; 40 — контур перспективной площади

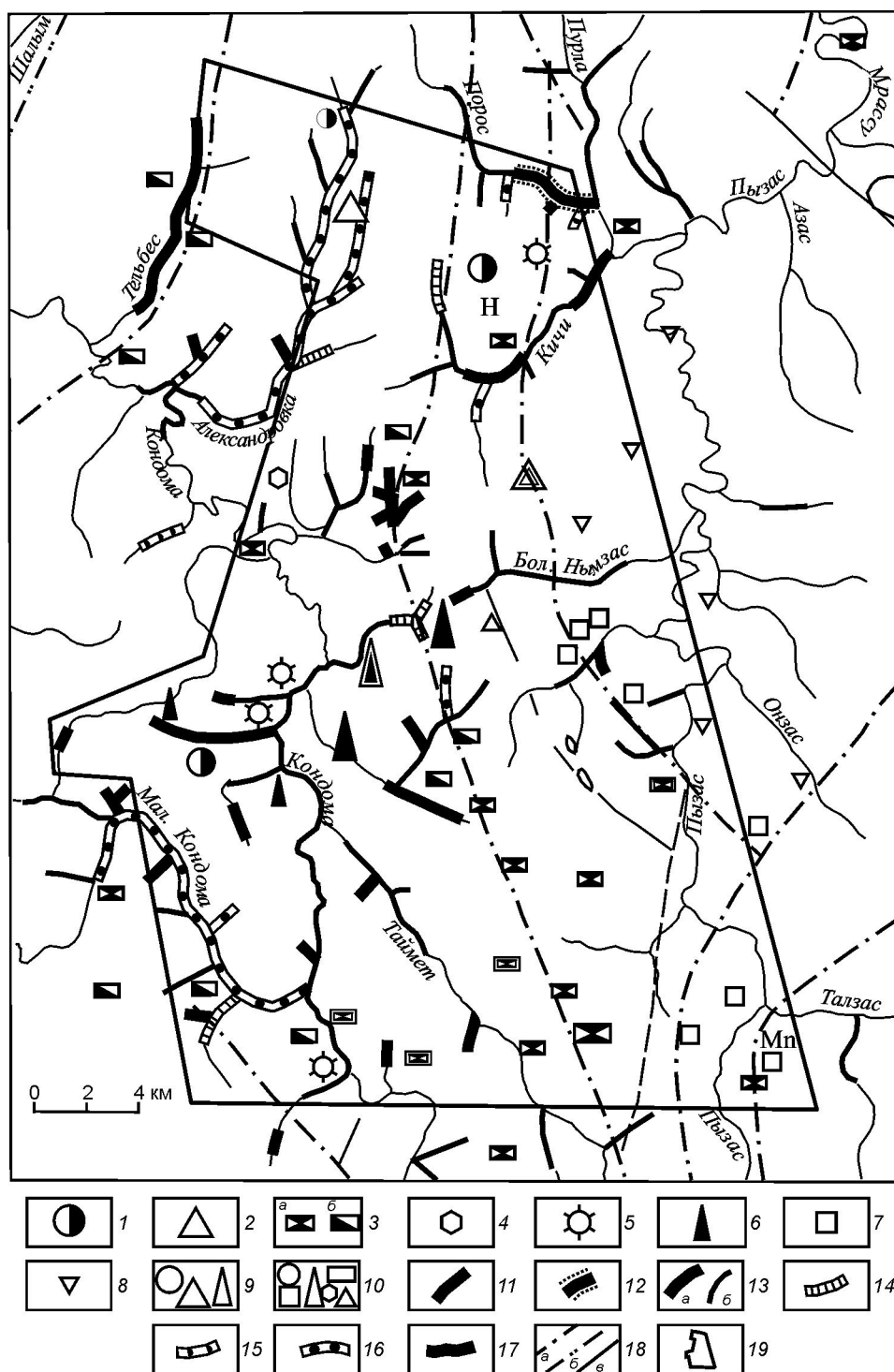


Рис. 3. Фрагмент карты золотоносности Горной Шории:

рудные формации: 1 — золото-сульфидно-кварцевая, 2–4 — золотосодержащие: 2 — железорудная (скарновая), 3 — колчеданно-полиметаллическая (а — колчеданно-полиметаллический, б — медноколчеданный типы), 4 — серебро-кварцевая, 5–8 — потенциально золотосодержащие: 5 — молибден-вольфрамовая, 6 — ртутная, 7 — марганцовистая элювиальная, 8 — фосфоритовая; масштаб оруденения (двойным контуром показана установленная золотоносность): 9 — рудопроявления, 10 — точки минерализации; генетические типы россыпей: 11 — долинные, 12 — террасовые аллювиальные; 13 — значимость россыпей (а — промышленные, б — непромышленные); степень окатанности золота: 14 — неокатанное и слабоокатанное, 15 — среднеокатанное, 16 — хорошо окатанное, 17 — данных об окатанности нет; разрывные нарушения: 18 — региональные глубинные (а — первого, б — второго порядков, в — прочие); 19 — контур перспективной площади



руются на геоморфологической карте выделением склонов эрозионной гидросети. В пределах же самих денудационных поверхностей выравнивания степень сохранности кор выветривания определяется характером мезорельефа — плоским, холмистым, с карстовыми формами рельефа, отдельными скальными останцами и т.д.; перспективность площадей на прогнозируемых участках существенно ограничивается выделением контуров коронесущих уровней.

В основу геоморфологического картирования положен наиболее объективный метод картирования граней (поверхностей) рельефа. При этом возраст граней как наиболее важная характеристика рельефа показывается цветным фоном с использованием цветов геологической возрастной шкалы, генезис — знаками, морфология — частично знаками, а в основном словесным описанием в легенде.

Для оценки перспектив территории на золотоносные коры выветривания значение имеют все три вышеуказанные характеристики рельефа. Возраст граней рельефа позволяет выделить среди них дорудные (докоровые) грани, на которых впоследствии могли сформироваться и сохраниться коры выветривания с возможным гипергенным золотом, и пострудные (посткоровые), на которых в принципе не может быть рудных кор выветривания (кроме переотложенных). Генезис рельефа, т.е. разделение его граней на деструктивные (главным образом денудационные) и конструктивные (аккумулятивные), также следует отражать на специализированной геоморфологической карте, поскольку, например, пострудная аккумуляция может способствовать сохранности кор выветривания. Морфология рельефа — карстовые формы, ложбины проседания над зонами разломов, крупные уступы, скальные останцы и др. — имеет значение при выявлении форм рельефа, благоприятных (или нет) для сохранения кор выветривания и продуктов их переотложения.

Специальная нагрузка на геоморфологической карте заключается в показе участков развития кор выветривания, контуров палеодолин, карстовых форм рельефа, кольцевых и полукольцевых структур.

Таким образом, наиболее важные критерии прогноза золотоносных кор выветривания — зоны региональных разломов, смятия, трещиноватости; гидротермально измененные породы (вторичные кварциты, аргиллизиты, сульфидизированные разности, новообразованные карбонаты и т.п.); карстующиеся карбонатные породы; гипергенно измененные породы (охры, аллиты, глины как результат гидратации и гидролиза алюмосиликатов и т.п.); россыпные и коренные месторождения и проявления

золота, а также ореольная минерализация золота; сохранившиеся древние денудационные и денудационно-аккумулятивные поверхности; древние региональные уступы в рельефе; контрастные геохимические аномалии Au, Ag, Ba, Hg, Mo и других элементов-спутников золота; контрастные отрицательные аномалии Dg, региональные аномалии естественного электрического поля, магнитные аномалии различной интенсивности; радиоактивные аномалии среди карстовых полей и на площадях развития кор выветривания. Перечисленные показатели в совокупности дают возможность с определенной долей уверенности выделять перспективные локальные объекты с золотоносными корами выветривания.

На основании всех упомянутых выше карт на кальке (для совмещения) составляется карта перспективных площадей (рис. 4). В зависимости от набора прогнозных признаков они подразделяются на площади первой, второй и третьей очередей. Площади первой очереди приурочены к относительно хорошо изученным рудным полям, узлам или зонам и характеризуются широко развитыми гипергенными изменениями (зоны окисления, площадные и линейные коры выветривания, карстовые образования), в которых поисково-оценочными работами установлена повышенная золотоносность. Площади второй очереди также размещаются в рудных полях и узлах, но оруденение в их пределах изучено недостаточно, а золотоносность гипергенных образований устанавливается лишь по ряду косвенных признаков. Площади третьей очереди обычно включают коры выветривания, располагающиеся за пределами рудно-россыпных узлов, а потому характеризуются относительно слабой или не выявленной первичной золотоносностью субстрата и требуют дальнейшего изучения на стадии поисково-съёмочных работ.

Прогнозные ресурсы по перспективным площадям для постановки работ подсчитываются на основании средней удельной площадной продуктивности (коэффициент продуктивности КП), которая представляет собой отношение добычи золота из погребенных россыпей региона к суммарной площади россыпелокализирующих морфоструктур. Например, на основании данных В.В. Сыроватского и др. (1987), добыча золота из погребенных россыпей составила в Кельбесском районе 4084 кг, Салаирском — 5123 кг. Суммарная площадь, на которой формировались промышленные россыпи, в Кельбесском районе составила 100,5 км<sup>2</sup>, на Салаире — 90,2 км<sup>2</sup>. Соответственно удельная площадная продуктивность в среднем по Кельбесскому району 4084:100,5≈40 кг/км<sup>2</sup>, Салаирскому — 5123:90,7≈57 кг/км<sup>2</sup>.

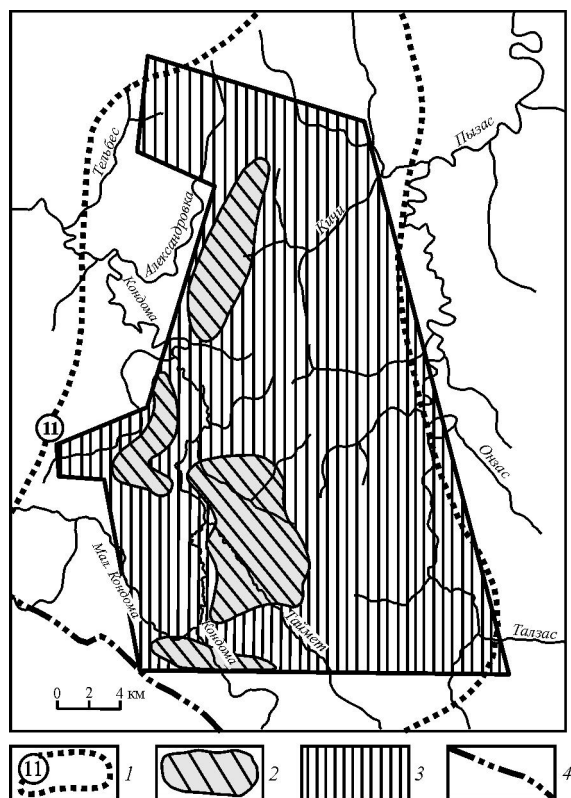


Рис. 4. Фрагмент карты-накладки перспективных площадей на золотоносные коры выветривания Горной Шории:

1 — Чугуно-Александровский рудный узел; прогнозируемые на золото площади в корях выветривания; 2 — первой очереди, 3 — второй очереди; 4 — географическая граница Горной Шории

На основании данных геоморфологической карты подсчитывается коэффициент  $K_M$ , соответствующий доле сохранившейся площади, благоприятной для корообразования в пределах перспективной площади. Так, если эта доля равна 45%, то  $K_M=0,45$ . Используется также коэффициент надежности. Для площадей первой очереди (с хорошо изученной золотоносностью субстрата и широким развитием кор выветривания) он принимается равным 1, для площадей второй очереди, в которых золотоносность изучена слабо или носит рассеянный характер, — 0,5, третьей очереди — 0,25. Площади перспективных участков рассчитываются по палетке на карте.

Таким образом, исходя из этих данных, формула расчета прогнозных ресурсов имеет вид:

$$P=KP \cdot S \cdot K_M \cdot K_n,$$

где КП — коэффициент удельной площадной продуктивности ( $\text{кг}/\text{км}^2$ );  $S$  — площадь перспективного участка,  $\text{км}^2$ ;  $K_M$  — коэффициент, отражающий

долю сохранившейся площади, благоприятной для корообразования, от общей площади;  $K_n$  — коэффициент надежности.

Иногда на ряде перспективных площадей отдельно рассчитываются прогнозные ресурсы золота в окисленных рудах и карстовых образованиях золоторудных и золотосодержащих полей. Можно осуществлять прямой их подсчет, учитывая известные параметры кор выветривания, содержащих окисленные руды (длина, ширина, мощность, удельный вес, содержание золота), или использовать другие варианты. Так, в пределах Синюхинского рудного поля расчет ресурсов золота в рудном карсте ( $P$ ) производился исходя из определенного Л.А.Линниковой (2000) веса карстовых образований и принятого нами (по Ю.Г.Щербакову, 1961) содержания золота в зоне окисления этого рудного поля ( $C$ ), по формуле  $P=V \cdot C$ .

Прогнозные ресурсы окисленных руд на Синюхинском и Ульменском золоторудных полях рассчитывались на основании известных ресурсов эндогенного оруденения, вычисленных до глубины 500 м (Рубаха, Горбачев, 1998; Гусев, 2000). Поскольку глубина зоны окисления на обоих рудных полях в среднем 40 м, доля ресурсов золота окисленных руд составила 1/12,5 часть от общих ресурсов. Для западной части Сийской перспективной площади использован метод аналогии. А.Е.Аввакумовым (2000) ресурсы золота ( $p$ ) были подсчитаны в красноцветных глинах коры выветривания на отрезке длиной ( $l$ ) 0,5 км. Так как золотоносность подобных отложений установлена на протяжении ( $L$ ) 15 км, то общие ресурсы ( $P$ ) рассчитаны по формуле  $P=(p \cdot L):l$ .

При определении очередности перспективных участков и категоричности прогнозных ресурсов нами использовалось методическое пособие, составленное во ВСЕГЕИ П.Ф.Ли [9].

На Салаире выделено 18 перспективных площадей (девять первоочередных), прогнозные ресурсы золота которых составляют 358 т, в том числе по  $P_1$  26,  $P_2$  49,  $P_3$  283 т (из них 24 т Au в Сунгайском месторождении оксидного марганца).

В Горной Шории намечено 27 перспективных площадей (12 первоочередных). Прогнозные ресурсы золота на этих площадях по категории  $P_3$  составляют 163 т (в том числе 23,24 т золота в оксидных марганцевых рудах Усинского и Чеболдагского месторождений).

В пределах Кузнецкого Алатау выделено 70 перспективных площадей (35 первоочередных) с прогнозными ресурсами 528 т Au, в том числе по  $P_1$  0,15,  $P_2$  36,  $P_3$  491,7 т (8,8 т Au из месторождений бокситов и лимонитовых руд).

На севере Алтая, включая Рудный и Горный Алтай, выделены 42 перспективные площади (14 первоочередных), запасы и прогнозные ресурсы которых составляют 325 т Au, в том числе по  $C_2$  0,93,  $P_1$  15,6,  $P_2$  99,  $P_3$  210 т.

Таким образом, в целом в западной части АССО на исследованных территориях прогнозные ресурсы золота в корах выветривания по категориям  $P_1+P_2+P_3$  составляют 1374 т.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булытников А.Я. Золотооруденение Салаирского кряжа // Вестн. Зап.-Сиб. геол. упр. 1940. Вып. 3–4. С. 20–29.
2. Беневольский Б.И. Золото России: Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. – М.: Геоинформмарк, 1995.
3. Воларович Г.П. Месторождения золота России в карбонатных породах // Руды и металлы. 1996. № 2. С. 76–85.
4. Гладков Н.А., Бакирт Ф.Е. Региональные естественные электрические поля и их поисковое значение // Геология и геофизика. 1984. № 2. С. 114–119.
5. Дурновское месторождение — новый золото-марганцевый тип (Северо-Восточный Салаир) / Н.М.Кужельный, З.В.Кужельная, А.А.Потапов и др. // Отечественная геология. 1996. № 4. С. 28.
6. Козловский Е.А., Кривцов А.И. Моделирование рудных месторождений: направления и задачи // Советская геология. 1988. № 3. С. 3–8.
7. Константинов М.М. Золоторудные месторождения типа Карлин и критерии их выявления // Руды и металлы. 2000. № 1. С. 70–76.
8. Кривцов А.И. Модели рудных месторождений. – М.: ВИЭМС, 1989.
9. Ли П.Ф. Поиск месторождений полезных ископаемых, связанных с корой выветривания: Методическое пособие по геологической съемке масштаба 1:50 000. – Л.: Недра, 1983.
10. Родин Р.С., Филатов В.Ф. Условия образования и размещения латеритов в тропическом поясе Земли и локализация областей бокситообразования на Сибирской платформе // Минералогия зоны гипергенеза. М., 1980. С. 174–180.
11. Щербаков Ю.Г. Некоторые закономерности золотооруденения на Синюхинском месторождении // Геология и геофизика. 1992. № 5. С. 91–99.