

УДК 553.411:553.068.7

А.В. Сначев<sup>1</sup>, М.В. Рыкус<sup>2</sup>, М.В. Сначев<sup>3</sup>, М.А. Романовская<sup>4</sup>

## МОДЕЛЬ ЗОЛОТООБРАЗОВАНИЯ В УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦАХ ЮЖНОГО УРАЛА

На примере золоторудных проявлений Южного Урала, расположенных в углеродистых сланцах предложена модель формирования оруденения, включающая комплекс взаимосвязанных процессов: осадконакопление, преобразование в период погружения, динамометаморфизм и контактовый метаморфизм. Намечен ряд прогностико-поисковых признаков гидротермально-метаморфогенного оруденения в углеродистых отложениях

*Ключевые слова:* углеродистый сланец, метаморфизм, золото, золоторудная минерализация, миграция, переотложение.

The article is devoted to the problem of gold mineralization in the carbonaceous schist. A model based on the examples of gold mineralization in the carbonaceous schist of the Southern Urals has been suggested. The model has taken into account a complex of mutual dependent processes of sedimentation, submersion metamorphism, dynamo- and contact metamorphism. A series of prognostic prospecting evidences for a hydrothermal-metamorphogenic gold mineralization in carbonaceous deposits have been done.

*Key words:* carbonaceous schist, metamorphism, gold, gold mineralization, redepositing migration.

**Введение.** Разрабатываемая в настоящее время концепция метаморфогенно-гидротермального золотообразования в черносланцевых толщах [Буряк, 1982, 1986] предполагает комплексное участие в рудогенезе взаимосвязанных процессов осадконакопления, тектонических, магматических и метаморфических при ведущей роли последнего. Для многих золоторудных кварцево-жильных полей установлен коровый источник золота и показана возможность мобилизации металла из рудовмещающих пород и пород, подстилающих рудные тела. При этом подстилающие породы нередко рассматривают в качестве промежуточных коллекторов золота при формировании золотоносных кварцевых жил.

**Описание модели.** Несмотря на то что факт миграции золота известен давно и не вызывает сомнений, вопросы возможности и путей мобилизации золота из пород, а также его перехода в гидротермальной раствор по-прежнему остаются наиболее сложными и дискуссионными. Показано [Страхов, 1960–1962], что осаждение металлов из морской воды возможно путем абсорбции их коллоидными растворами или согласно гипотезе биоминерализации [Овчаренко и др., 1985] посредством аккумуляции микроорганизмами коллоидного золота, поставляемого в морской бассейн гидротермальными растворами. Дальнейшее изменение обогащенных коллоидным золотом пелитовых осадков определялось воздействием на них высокоэнергетических процессов магматизма и

метаморфизма, приводивших к перекристаллизации пород, при которой золото, не обладая способностью входить в кристаллические решетки вновь образующихся минералов [Бетехтин, 1955], переходило в мобильное состояние и в виде комплексных щелочных соединений вместе с кремнеземом переносилось и отлагалось в трещинных структурах метаморфогенными растворами.

Согласно полученным нами результатам исследования золоторудных месторождений и проявлений на Южном Урале, расположенных в углеродистых отложениях, в предлагаемую модель золотообразования можно включить следующие элементы, составляющие большинство схем метаморфогенно-гидротермального рудогенезиса [Буряк, 1985; Добрецов, Кривцов, 1985; Рыкус, Сначев, 1998]:

– *источники вещества:* рудовмещающие рифтогенно-депресссионные стратифицированные терригенные и терригенно-карбонатные (преимущественно углеродсодержащие) толщи, рассматриваемые в качестве микрорудных формаций;

– *источник энергии:* дислокационный приразломный метаморфизм; контактовый и региональный метаморфизм в период формирования гранитных массивов, гранитно-мигматитовых куполов;

– *транспортирующие агенты:* захороненные вместе с осадочными отложениями минерализованные поровые воды и высокоминерализованные метаморфогенные растворы;

<sup>1</sup> Институт геологии УрНЦ РФ, ст. науч. с., канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* savant@inbox.ru

<sup>2</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, доцент, канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* rykusmihail@mail.ru

<sup>3</sup> ООО «Газпромнефть НТЦ», главный специалист; *e-mail:* Snachev@yandex.ru

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, доцент, канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* maria\_roman@mail.ru

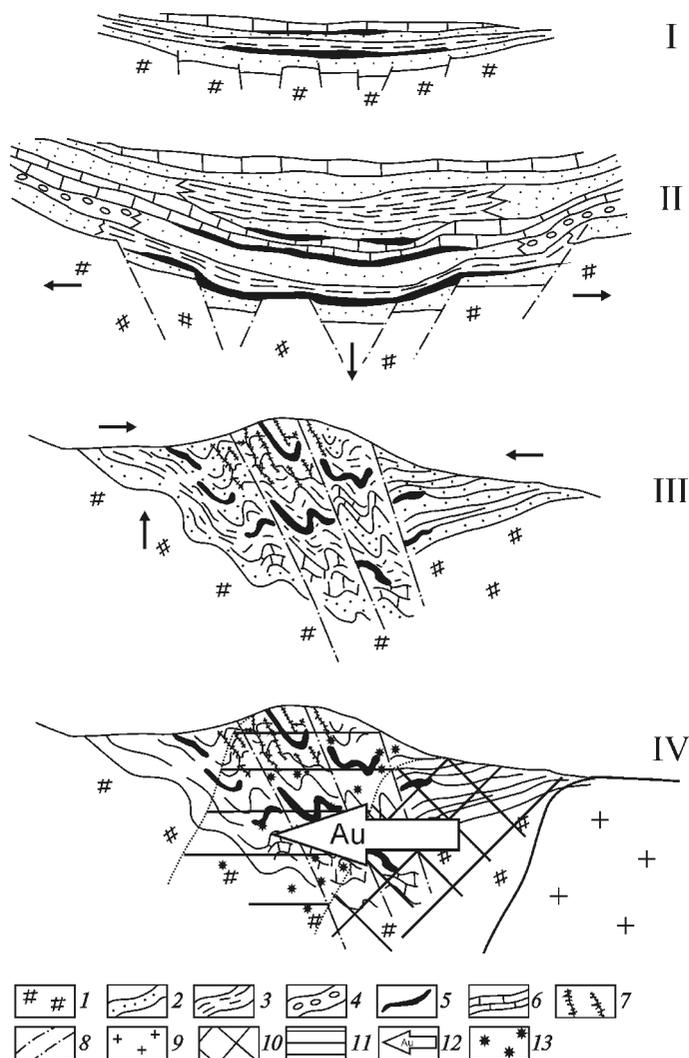


Рис. 1. Стадии формирования золото-кварц-сульфидного оруденения в углеродистых отложениях Южного Урала: I — стадия накопления первичной концентрации золота в стратифицированных терригенно-углеродистых сульфидсодержащих отложениях; II — метаморфизм погружения, отжим поровых вод, вынос золота и других элементов из вмещающих пород и их концентрация в сульфидных минералах (элизионная стадия); III — надвигообразование и скучивание осадочных отложений, динамометаморфическое преобразование золотосодержащих сульфидно-углеродистых образований и золото-кварц-углеродистых образований и формирование золото-кварц-сульфидного оруденения (динамометаморфическая стадия); IV — стадия преобразования золоторудной минерализации в термоградиентных полях близрасположенных гранитоидных массивов и гранитно-мигматитовых куполов, миграция и переотложение оруденения (стадия метаморфизма).

1 — породы основания; 2 — песчаники; 3 — глинистые сланцы; 4 — конгломераты; 5 — сульфидизированные углеродистые отложения; 6 — известняки; 7 — золотоносные кварц-сульфидные жилы; 8 — разрывные нарушения; 9 — гранитоиды; 10 — амфиболитовая фация метаморфизма; 11 — зеленосланцевая фация метаморфизма; 12 — зона выноса и переотложения золота и других рудных элементов; 13 — переотложенное золотое оруденение

— области рудоотложения: трещинные и складчатые структуры в зонах развития сдвига-надвиговых дислокаций, зоны зеленосланцевого метаморфизма.

Таким образом, предлагаемую модель рудообразования можно рассматривать как осадочно-гидротермально-метаморфогенную, включающую

I комплекс взаимосвязанных процессов (рис. 1): 1) осадконакопление с хемогенной сорбцией золота углеродисто-глинистыми отложениями; 2) метаморфизм погружения, активизация элизионных поровых растворов, экстрагирующих из глинистой фракции рудогенные элементы и золото; их перераспределение и мобилизация в пластах-коллекторах (углеродисто-сульфидных осадках в качестве геохимических барьеров) и создание промежуточных надкларковых концентраций; 3) динамометаморфизм, надвигообразование и складчатость, сопровождаемые метаморфогенной перегруппировкой и переотложением минерального вещества; 4) контактовый и зональный метаморфизм в процессе образования гранитно-мигматитовых куполов, интрузивных гранитоидов и окончательное формирование золото-кварцевых залежей в их настоящем виде.

Первые три этапа образования золоторудной минерализации в углеродистых отложениях рассмотрим на примере месторождений и проявлений Авзянского рудного района на территории Башкирского мегантиклинория (Горный Прииск, Улюк-Бар и др.) (рис. 2), для которых отмечены простой минеральный состав, общность термодинамической обстановки золотообразования и зеленосланцевого метаморфизма, участие дислокационного метаморфизма в формировании структур и оруденения, отсутствие связи с магматизмом. Магматизм рассмотрим на примере Восточно-Уральского поднятия и Магнитогорского мегасинклинория, в пределах которых широко представлены гранитно-мигматитовые и гранитные массивы (Амурское месторождение, проявление Отнурок в белорецком метаморфическом комплексе, проявления Ларинского купола).

Важность разработки модели формирования прожилково-вкрапленных и штокверковых проявлений, даже качественной, вытекает из необходимости установления поисковых признаков в областях осадконакопления, лишенных проявлений магматизма и поэтому не привлекающих должного внимания исследователей, в качестве территорий, перспективных для поисков золоторудных месторождений.

Начало формирования рудных залежей рудопроявлений Горный Прииск и Улюк-Бар в соответствии с геологическими особенностями оруденения следует связывать с периодом рифтогенного осадконакопления и последующего диагенеза песчано-глинистых и глинисто-углеродистых отложений [Рыкус, Сначев, 1999].

Глинисто-карбонатно-углеродистые осадки большеинзерской свиты (нижний рифей), входящие в состав рудовмещающей толщи рудопроявления Улюк-Бар, характеризуются очень низким содержанием большинства элементов, почти в 2 раза ниже кларковых для подобных пород. На зигазино-комаровском уровне (средний рифей), где размещается рудопроявление Горный Прииск, кварц-серицит-глинистые и углеродисто-серицит-глинистые филлитовидные

сланцы, переслаивающиеся с алевrolитами и мелкозернистыми кварцитовидными песчаниками, также значительно обеднены почти всем спектром микроэлементов.

Подрудные породы, как следует из результатов золото-спектрометрического анализа, либо обеднены золотом либо обладают высокой дисперсией его распределения. Все эти данные, подробно рассмотренные в монографии М.В. Рыкуса, В.И. Сначева [1999], свидетельствуют об остаточной концентрации рудогенных элементов-примесей и золота в породах подрудного уровня, сохранившихся в них после литогенеза. Согласно данным Л.В. Анфимова [Анфимов, 1990; Анфимов и др., 1983], в ходе эволюции глинистых пород от седиментогенеза до метаморфизма происходит значительный вынос микроэлементов из осадка захороненными поровыми и гидратационными водами. В процессе диагенеза и катагенеза осадков активными растворителями золота могут служить S, F, органические кислоты и Cl, которые, по мнению В.А. Буряка [Буряк, 1982], всегда присутствуют в поровых водах, особенно в углеродсодержащих фациях. Именно поэтому такие толщи характеризуются очень низким, на уровне кларкового, содержанием золота.

Вынос золота из осадков сопровождался его перераспределением и локальной концентрацией в надкларковых количествах в пиритизированных углеродисто-глинистых отложениях. Избирательная приуроченность повышенного содержания металла к этим породам объясняется близостью геохимических свойств золота и железа, их сидерофильностью и барьерными функциями сульфидов, наиболее активно проявляющимися при низкотемпературных условиях. Наличие повышенной концентрации металла в углеродисто-сульфидных породах непосредственно на уровне локализации основного оруденения или в подрудной толще пород можно рассматривать как один из источников золота при последующем метаморфогенно-гидротермальном рудообразовании.

Дальнейшее прогрессивное развитие рудообразующих метаморфических растворов по схеме: иловые воды — поровые воды и флюиды — метаморфогенные флюиды, согласно экспериментальным данным [Буряк, 1982, 1985], способствует существенному возрастанию концентрации элементов. В этом процессе, согласно данным В.А. Буряка [Буряк, 1985], содержание золота в твердой фазе уменьшается, а в растворе значительно возрастает, достигая максимально высоких значений в период проявления дислокационного зеленосланцевого метаморфизма.

Анализ литературных данных [Шишкина, 1979] показывает, что морские воды при захоронении преобразуются сначала в слабоминерализованные иловые, далее в минерализованные поровые и затем в высокоминерализованные метаморфогенные. При этом в иловых водах в результате наддонного окисления и разложения органического вещества, способствующего высвобождению и переходу в рас-

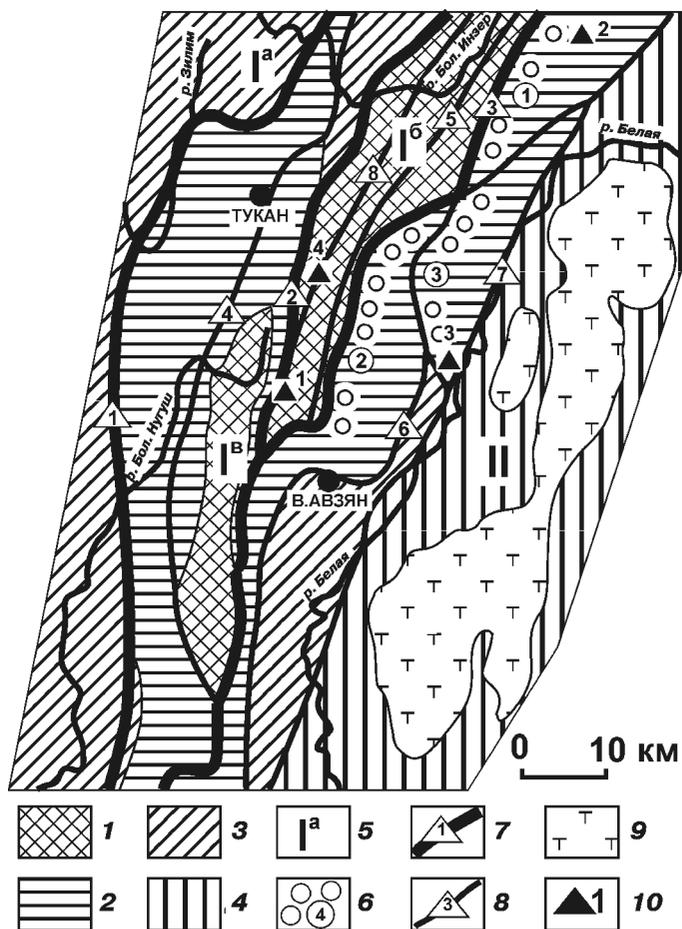


Рис. 2. Структурная схема Авзянского рудного района (по Н.Н. Ларионову с изменениями): 1–4 — комплексы: 1 — раннерифейский, 2 — среднерифейский, 3 — позднерифейский, 4 — палеозойский; 5 — структуры: 1а — Инзерский синклинорий, 1б — Ямантауский антиклинорий, 1в — Юрматауский антиклинорий; 6 — грабены (цифры в кружках 1–3): 1 — Ишлинский, 2 — Шатакский, 3 — Узьянский; 7 — региональные надвиги (1–3): 1 — Зильмердакский, 2 — Караташский, 3 — Зюраткульский; 8 — надвиги (цифры в кружках 4–8): 4 — Туканский, 5 — Юшинский, 6 — Тергинский, 7 — Узьяно-Серменевский, 8 — Большеевзянский; 9 — гипербазитовые массивы Крака; 10 — участки с повышенным содержанием золота: 1 — Горный Прииск (кора выветривания), 2 — Улу-Елгинский, 3 — Кагармановский, 4 — Улюк-Бар

твор элементов, накапливаются металлы, концентрация которых может на 2–3 порядка превышать их содержание в морской воде.

При последующих литогенетических преобразованиях, сопровождаемых биохимическим и термическим разложением органического вещества, а также десорбцией глинистой фракции осадка, степень минерализованности поровых вод постоянно увеличивается, достигая 10–20 мг/л и более [Богашова, 1983]. Концентрируются в основном элементы хемогенной группы (Pb, Zn, Cu, Au), активно накапливающиеся в условиях аэробного окисления органического вещества в глинистых минералах с высокой сорбционной емкостью.

При среднетемпературном зеленосланцевом метаморфизме происходит диссоциация карбонатов, сульфидов, гидрослюдов и других минералов, а также

дальнейшее термическое разложение органического вещества с переходом в раствор металлов. Концентрация метаморфогенных растворов увеличивается еще больше и может достигать 340 г/л и более [Ломтадзе, 1951].

На этой стадии помимо металлов и петрогенных оксидов, экстрагированных из вмещающих пород, в метаморфогенных растворах резко возрастает концентрация углекислоты, образующейся за счет окисления  $S_{орг}$  и диссоциации карбонатов, что обуславливает развитие ореолов углекислотного метасоматоза вокруг золотоносных зон. Прямая корреляционная связь между содержанием золота и метаморфогенной сульфидной минерализацией показывает, что именно под влиянием динамометаморфических процессов происходила мобилизация рудного вещества, способствующая образованию его промышленной концентрации.

**Примеры объектов, иллюстрирующие предлагаемую модель.** В пределах Авзянского рудного района промежуточными коллекторами для золота служили углеродисто-сульфидные отложения, в ходе преобразования которых происходило постепенное повышение содержания золота в ряду: углеродистая порода — пирит-1 — пирит-2 [Рыкус, Сначев, 1999]. Возникшие в связи с этим надкларковые значения концентрации золота, которые на 2 порядка превышают его изначальное фоновое содержание, служили источником для последующего возникновения промышленного оруденения. В качестве золотоконцентрирующих наиболее благоприятны углеродистые алевропелиты большеинзерской и зигазино-комаровской свит, заметно отличающиеся повышенным содержанием углеродистого вещества и сульфидов. Эти свиты имеют широкое площадное распространение и характеризуются максимальными средними значениями содержания золота и их высокой дисперсией по сравнению с другими породами.

Золоторудная минерализация сопровождается здесь ореолом динамотермального метаморфического изменения пород с контрастным набором минеральных ассоциаций, позволяющих выделить в нем внутреннюю серицит-кварцевую и внешнюю карбонат-серицит-хлоритовую зоны. Оруденение локализовано во внутренней зоне изменений. Отложение золота происходило на завершающей стадии рудного процесса с поздними прожилково-вкрапленными генерациями пирита и арсенопирита. Для рудных тел характерно невысокое содержание сульфидов, не превышающее 10–15%, переменное отношение пирит/арсенопирит при общем суммарном преобладании пирита, незначительное развитие других сульфидов.

При этом в рассматриваемых нами рудных объектах золотосульфидная минерализация локализована преимущественно в нижних горизонтах, а золотоносные жилы — главным образом на средних и верхних горизонтах гидротермально-метасоматической системы. Эту зональность, выявленную на ряде золоторудных объектов, можно использовать при

ведении поисково-разведочных работ, особенно при поисках золотосульфидных зон, не выходящих на поверхность.

Как показали расчеты В.А. Буряка [1986] для объектов Восточной и Западной Сибири, в процессе преобразования углеродистых отложений золота способно выноситься в большом количестве: около 10–20 т/км<sup>3</sup> на этапе литификации осадков, 2,5–5 т/км<sup>3</sup> в период их метаморфизма и 3–6 т/км<sup>3</sup> при гранитизации, анатексисе, дислокационном метаморфизме и регрессивных изменениях. Количества золота, выносимого на первых двух указанных этапах преобразования углеродистых толщ, вполне достаточно для формирования золоторудных месторождений. Именно процессы литификации и метаморфизма обуславливают основное перераспределение золота преобразуемых осадков. Здесь очень важны структурно-тектонические процессы, способствующие не рассеиванию, а концентрации выносимых рудных компонентов.

В условиях дислокационного метаморфизма местами рудоотложения служили зоны повышенной проницаемости, образованные региональными надвигами и сопряженными с ними сдвиговыми нарушениями. Сдвиго-надвиговые структурные парагенезисы и сочетающиеся с ними локальные складчатые и разрывные структуры служили флюидо-, тепло- и массопроводниками с выдержанными по вертикали термоградиентными полями, благоприятными для аккумуляции рудного вещества. Метаморфогенные растворы, попадая в дренажные зоны разломов, становились неравновесными в связи с резким снижением давления, что вызывало их активную разгрузку и формирование рудных залежей.

В региональном плане геологическая позиция золоторудных проявлений Авзянского рудного района определяется их локализацией в зоне Караташского надвига (рис. 2). Характерная особенность — узловое размещение золоторудной минерализации, обусловленное сопряженным развитием сдвиго-надвиговых структур. Благоприятными для локализации золотоносных кварцевых жил, прожилков и минерализованных зон были соскладчатые северо-восточные трещины скола и субмеридиональные трещины отрыва, сочетающиеся с северо-западными сдвигами.

Другим примером связи золоторудных объектов с разрывными нарушениями служит Черноозерское проявление, расположенное в северной части Магнитогорского мегасинклинория [Сначев и др., 2011]. Оно приурочено к углеродистым отложениям поляковской свиты, представляющей собой тектонический блок внутри Карабашского гипербазитового массива (рис. 3), принадлежащего Главной шовной зоне Урала и испытавшего зональный метаморфизм в позднепалеозойское время в результате так называемой косой коллизии. Рассматриваемые углеродистые отложения испытали неоднократную тектоническую переработку, окварцевание, сульфидизацию.

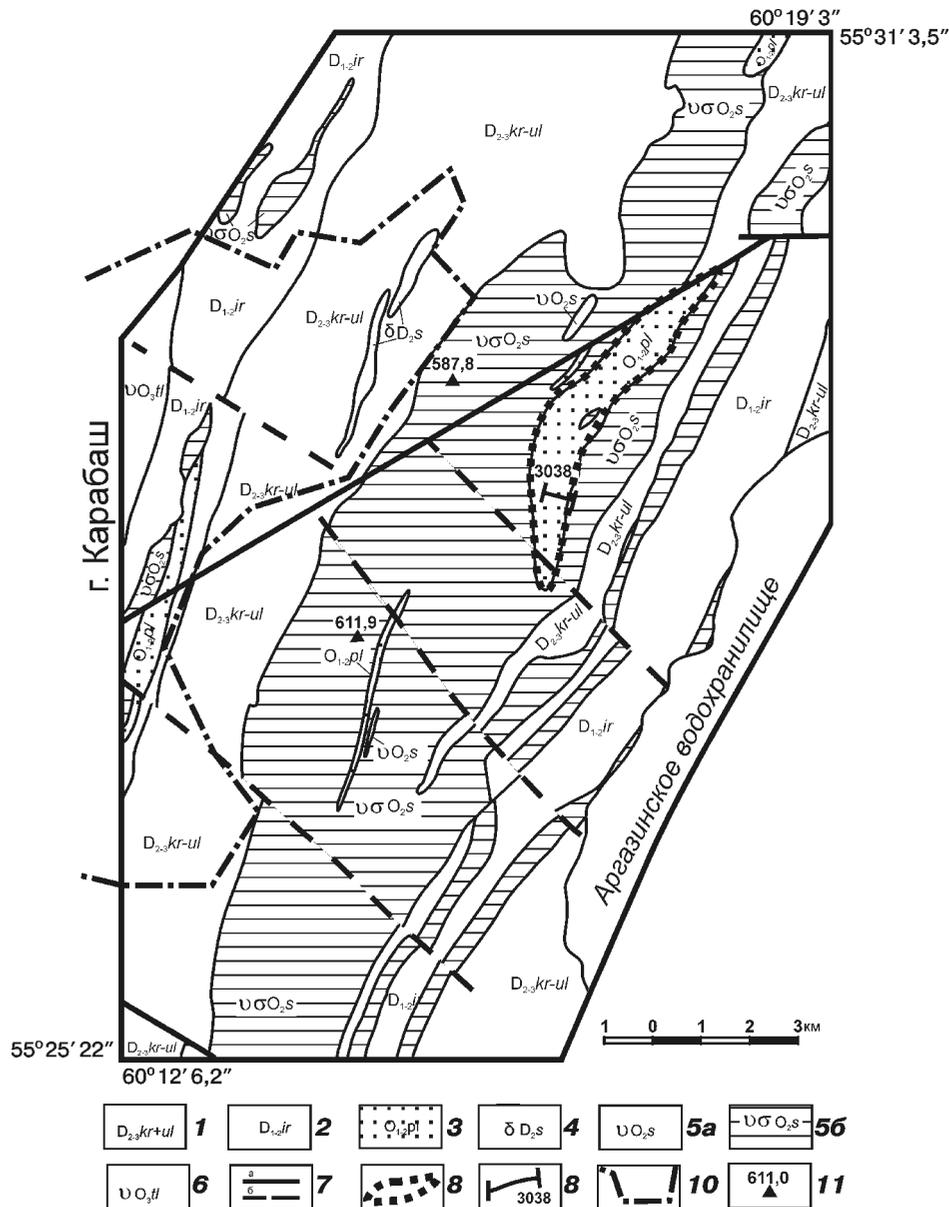


Рис. 3. Схема геологического строения Карабашского гипербазитового массива: 1 – карамалыташская и улутауская свиты; 2 – ирендыкская свита; 3 – поляковская толща; 4 – салаватский комплекс диорит-плагิโอгранитный; 5 – сакмарский комплекс габбро-дунит-гарцбургитовый: 5a – габбро, 5b – гарцбургиты, дуниты, ортопироксениты, серпентиниты; 6 – таловский комплекс дунит-верлит-клинопироксенит-габбровый (клинопироксениты, верлиты, дуниты серпентинизированные); 7 – тектонические нарушения (a – достоверные, b – предполагаемые); 8 – комплексная геохимическая аномалия; 9 – геохимический профиль и его номер; 10 – контур г. Карабаш; 11 – высотные отметки (611,9 м – гора Карабаш)

Показано, что при процессах метасоматоза и сульфидизации происходит миграция золота [Коробейников, 1985]. Однако наиболее отчетливо механизм концентрации золота проявился при наложении на углеродсодержащие отложения более высоких ступеней метаморфизма. В частности, В.А. Буряк [1966] убедительно продемонстрировал локализацию золото-сульфидной минерализации в определенных субфациях зеленосланцевой фации, которую он считает зоной осаждения золота, а более высокотемпературные фации – зонами его потенциального выноса. Примечательно, что месторождения и рудопроявления золота, четко тяготеющие к зеленосланцевой фации, в большинстве случаев концентрируются вблизи или

почти на границе с породами амфиболитовой фацией метаморфизма. Такая зона с благоприятной обстановкой в пределах фации зеленых сланцев фиксируется на западном и восточном крыльях Ильменогорско-Сысертского блока в непосредственной близости с породами эпидот-амфиболовой фации, обладающей повышенной концентрацией рудопроявлений и месторождений золота (рис. 4). Аналогичная геологическая ситуация установлена в обрамлении Ларинского гнейсового купола, который сложен углеродистыми отложениями, насыщенными магматическими породами разного состава и возраста и подвергшимися метаморфизму зеленосланцевой и амфиболитовой ступеней.

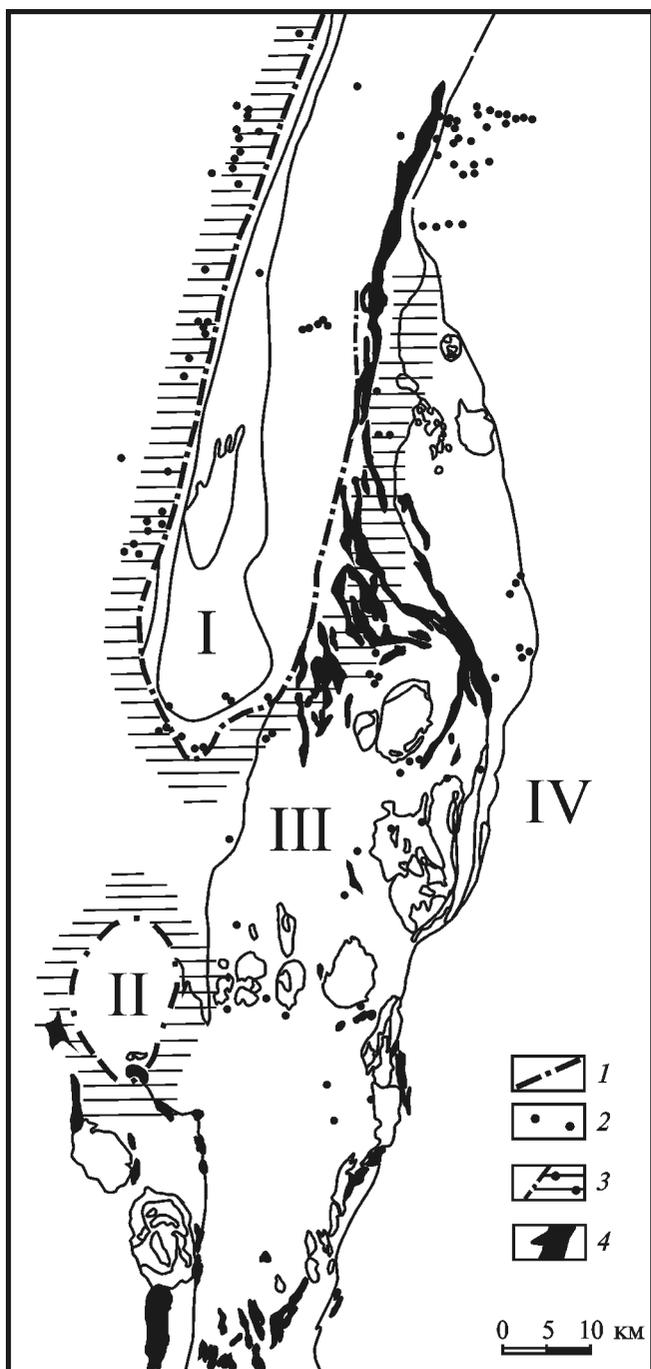


Рис. 4. Схема расположения зон ближайшего зеленосланцевого обрамления термальных структур, специализированных на золото: 1 — граница фаций эпидот-амфиболитовой и зеленых сланцев; 2 — пункты с весовыми содержаниями золота по материалам предшественников; 3 — зона ближайшего зеленосланцевого обрамления, специализированная на золото; 4 — ультрабазиты. Тектонические структуры: I — Ильменогорско-Сыертский блок, II — Ларинский купол, III — Арамильско-Сухтелинская зона, IV — Восточно-Уральская мегазона

Подтверждается это и на примере белорецкого зонального метаморфического комплекса, расположенного в пределах Башкирского мегантиклинория, где в углеродистых отложениях зигазино-комаровской свиты выделен локальный участок (Отнурок) с промышленным содержанием золота. Он локализован в области развития пород зеленосланцевой фации ме-

таморфизма близ границы с амфиболитовой фацией (рис. 5) [Сначев и др., 2010а].

Подобным объектом может служить Амурское стратиформное цинковое месторождение, приуроченное преимущественно к углеродистым сланцам девонского возраста и расположенное на восточном фланге Магнитогорского мегасинклиория на широте Суундукского гранитного массива, в непосредственной близости от него (рис. 6) [Сначев и др., 2010б]. Породы рудовмещающей флишоидной толщи метаморфизованы в условиях альбит-эпидот-биотитовой субфации зеленосланцевой фации с локальным проявлением более высокотемпературной амфиболитовой фации в крайней восточной части месторождения.

Ранее нами показано [Сначев и др., 2010б], что Амурское месторождение сформировалось в пределах локальной впадины на континентальном восточном склоне Магнитогорской палеоокеанической структуры, где накапливались довольно мощные терригенно-углеродистые, иногда слабоизвестковистые осадочные отложения, в которых отмечено несколько уровней с высоким содержанием Au и элементов группы платины.

Наличие в восточной части рассматриваемой территории крупного Суундукского гранитоидного массива создало дополнительные положительные предпосылки для выявления здесь в углеродистых отложениях не только благороднометалльного оруденения, испытавшего в процессе контактового метаморфизма мобилизацию, перераспределение и переотложение, но и наложенного редкометалльного (вольфрам, молибден) оруденения, связанного со становлением гранитной интрузии (рис. 6).

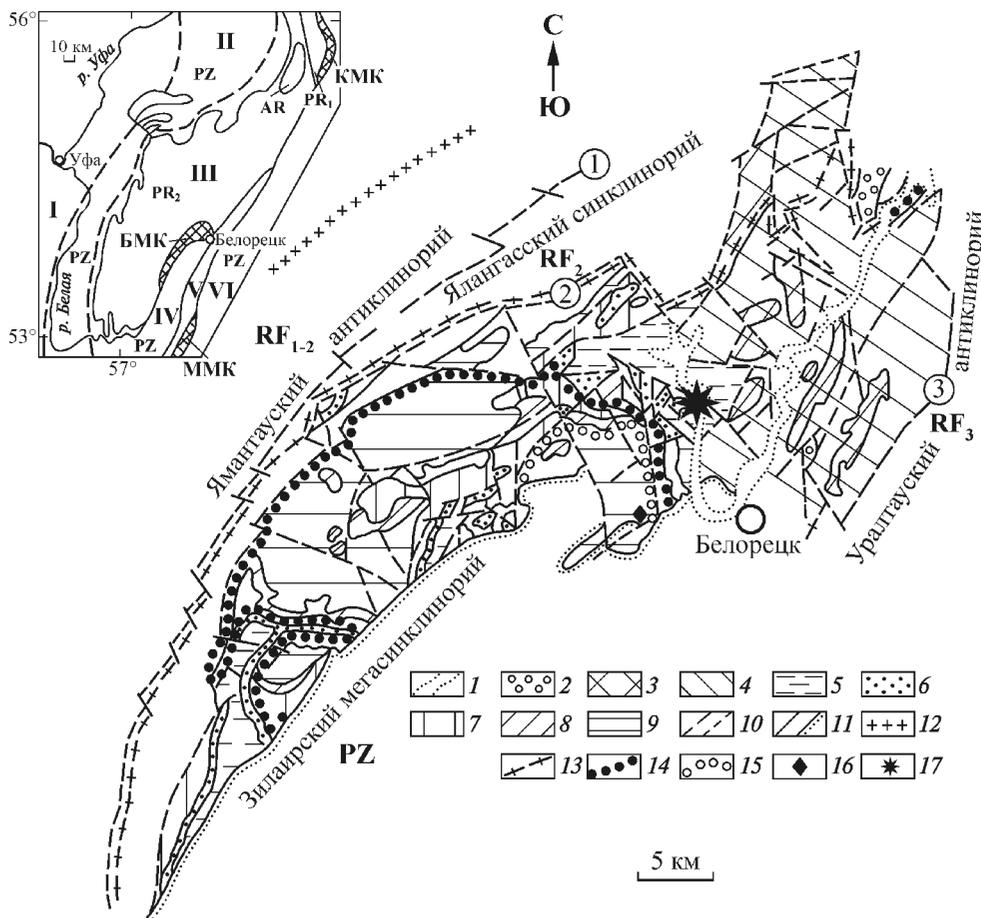
Учитывая важную металлогеническую роль сульфидно-углеродистых образований в формировании золотого оруденения, при проведении геолого-поисковых работ необходимо проводить детальное картирование осадочных толщ с целью выявления горизонтов с аномальным содержанием  $C_{орг}$  и сульфидов. Для выделения же в пределах площадей развития таких горизонтов более локальных перспективных участков необходимо учитывать особые геологические факторы: наличие разрывных и складчатых структур, зон повышенной трещиноватости, участков интенсивного рассланцевания и смятия пород, т.е. все признаки проявления эндогенных процессов, способных вовлечь золото в миграцию.

**Заключение.** На основании изучения геологического строения золоторудных месторождений и проявлений Южного Урала, минерального состава руд и околорудных метасоматитов, а также условий локализации золота предварительно намечены некоторые прогнозно-поисковые признаки гидротермально-метаморфогенного оруденения штокверкового и прожилково-вкрапленного типов в углеродистых отложениях:

1) благоприятный поисковый признак в региональном плане — наличие субмеридиональных

Рис. 5. Схема геологического строения и метаморфической зональности белорецкого комплекса [Алексеев и др., 2009]: 1 — кайнозойские отложения; 2 — рифейская аршинская свита; 3 — верхнерифейская зильмердакская свита; 4–8 — среднерифейские свиты (4 — авзянская, 5 — зигазино-комаровская, 6 — зигальгинская, 7 — белетарская, 8 — аюсапканская); 9 — нижнерифейские кызылташская и буганакская свиты; 10 — разрывные нарушения региональные (а) и местного значения (б); 11 — геологические границы согласно (а) и несогласные (б); 12–15 — изограды: 12 — хлоритоида, 13 — биотита, 14 — граната, 15 — омфацита; 16 — участок развития кианит-талковых сланцев; 17 — положение проявления Отнурок. PZ — нерасчлененные отложения палеозоя, RF<sub>2</sub> — то же среднего рифея, RF<sub>1-2</sub> — то же среднего и нижнего рифея.

На врезке: I — Восточно-Европейская платформа; II — Предуральский прогиб; III — Башкирский мегантиклинорий; IV — Зилаирский синклиниорий; V — Уралтауский антиклинорий; VI — Магнитогорский мегасинклиниорий, КМК — куртинский эклогит-сланцевый комплекс; БМК — белорецкий эклогит-сланцевый комплекс; ММК — максютовский эклогит-глаукофановый комплекс. PZ — палеозойские, PR<sub>2</sub> — верхнепротерозойские, PR<sub>1</sub> — нижнепротерозойские, AR — архейские породы



надвиговых структур и сочетающихся с ними диагональных сдвиговых нарушений, создающих высокую раздробленность пород и формирующих складчатые системы сопряженных сколовых трещин и трещин отрыва, заполненных сульфидизированными кварцевыми жилами;

2) присутствие в разрезе песчаных и глинистых разностей пород, переслаивающихся с углеродистыми отложениями. Чередование этих пород с разными физико-механическими и геохимическими свойствами, с одной стороны, обеспечивает оптимальный режим для протекания элизионного процесса, а с другой — способствует развитию в условиях неоднородной среды межпластовых зон отслоения, рассланцевания, дробления, обуславливающих выдержанный характер залегания кварцевых жил;

3) наличие в глинисто-углеродистых породах сульфидной минерализации, выполняющей роль геохимически буферной среды. Сульфидно-вкрапленная, преимущественно пиритовая минерализация формирует не представляющие промышленного интереса протяженные зоны, рассматриваемые нами как промежуточные микрорудные формаций с надкларковым содержанием золота, которые на заключительном этапе тектоно-магматической активизации района дали начало золоторудным объектам;

4) развитие в осадочных породах зон зеленосланцевого динамотермального метаморфизма, при

котором за счет реакций дегидратации и декарбонизации образуется огромное количество поровых флюидов, способных переносить и концентрировать в виде залежей золото и другие компоненты;

5) образование во вмещающих породах зон углекислотного метасоматоза с характерным набором индикаторных минералов — анкерита, сидерита, кальцита. Для всех рассмотренных рудопроявлений района железистые карбонаты — постоянные спутники золоторудной минерализации;

6) наличие в кварцевых жилах, прожилках и метасоматически измененных породах поздних сульфидных минеральных ассоциаций. На примере рассмотренных рудопроявлений видно, что основная масса золота отлагалась в заключительную стадию метаморфогенно-гидротермального процесса и ассоциирует с синхронными с ним прожилковыми выделениями сульфидных минералов (пирита, арсенипирита);

7) широкое развитие гранитоидного магматизма (гранитов, гранитогнейсов, мигматитов), проявление которого ведет к развитию на периферии интрузивных массивов четко проявленных зон метаморфизма, способствовало миграции и переотложению золоторудной минерализации. Приуроченность последней к внешней зоне зеленосланцевой фации метаморфизма служит очень важным поисковым признаком на золотое оруденение.

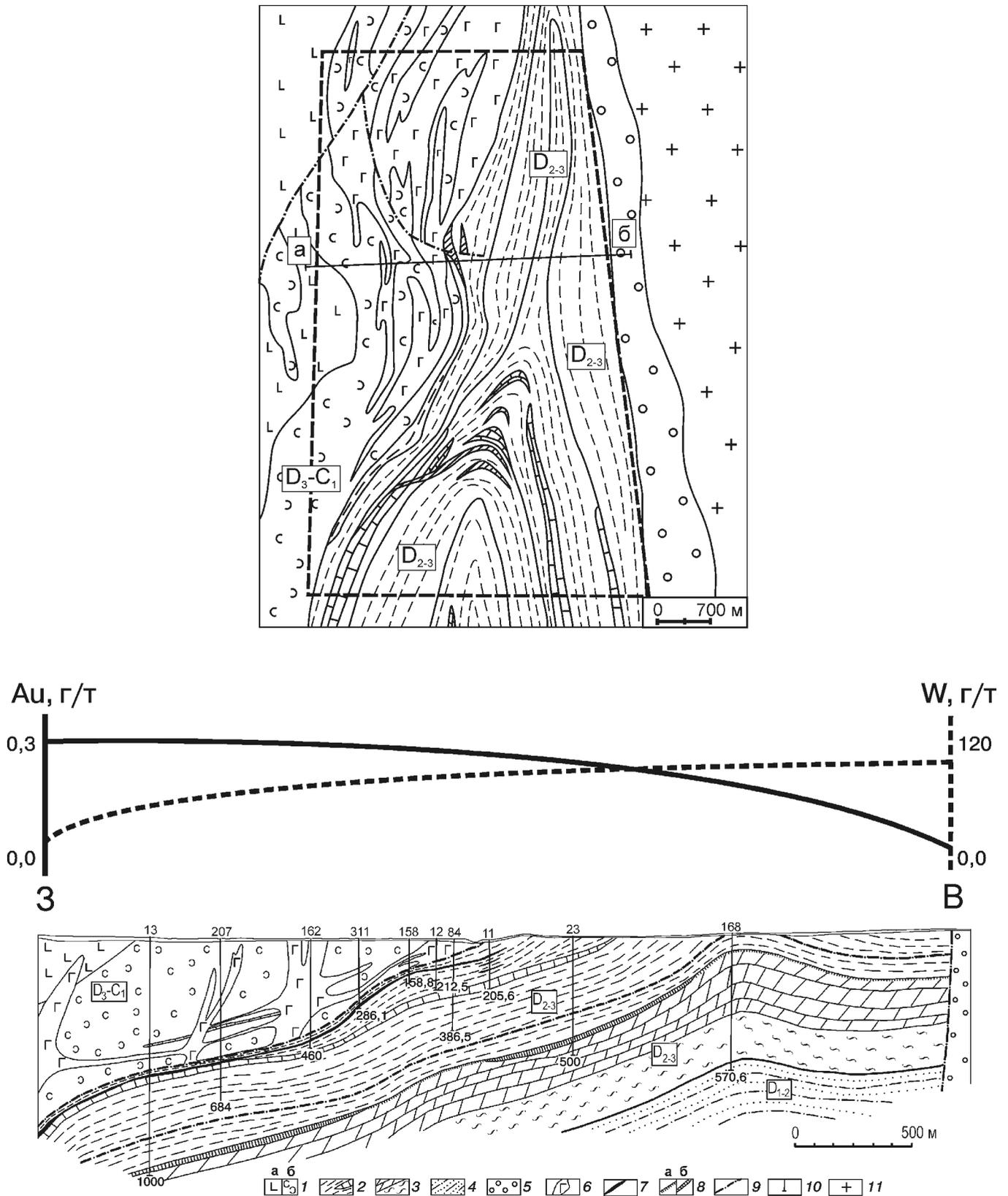


Рис. 6. Геологическая карта и разрез западного обрамления Суундукского гранитного массива (на разрезе — график распределения Au и W с запада на восток): 1–5 — стратиграфические подразделения: 1 — вулканогенная толща (D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>), базальты и андезибазальты (а), вулканогенно-осадочные породы основного состава (б); 2 — флишоидная толща (D<sub>2-3</sub>), верхняя пачка, углеродисто-глинистые, углеродисто-глинисто-известковистые сланцы и ритмиты с прослоями мраморизованных известняков; 3 — флишоидная толща (D<sub>2-3</sub>), нижняя пачка: метаморфические сланцы и мраморизованные известняки; 4 — молассоидная толща (D<sub>1-2</sub>), гранитизированные аркозовые песчаники; 5 — полимиктовые песчаники рымникской свиты (O); 6 — интрузивные тела высокотитанистых габброидов; 7 — рудные тела верхнего рудоносного горизонта; 8 — нижний рудоносный горизонт (а) и прогнозируемые рудные тела (б); 9 — разрывные нарушения (разломы и зоны рассланцевания); 10 — некоторые скважины и их глубина; 11 — граниты

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.А., Ковалев С.Г., Тимофеева Е.А.* Белорецкий метаморфический комплекс. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. 210 с.
- Анфимов Л.В.* Рудный метасоматоз, катагенез и начальный метаморфизм в нижнерифейских толщах на Южном Урале // Геология метаморфических комплексов. Свердловск, 1990. С. 20–29.
- Анфимов Л.В., Бусыгин Б.Д., Демина Л.И.* Саткинские месторождения магнетитов на Южном Урале. М.: Наука, 1983. 87 с.
- Бетехтин А.Г.* Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 288 с.
- Богашова Л.Г.* Металлоносные поровые растворы соленосных отложений // Докл. АН СССР. 1983. Т. 269, № 4. С. 932.
- Буряк В.А.* Генетические особенности золото-сульфидной минерализации центральной части Ленской золотоносной провинции // Вопросы генезиса и закономерности размещения золотого оруденения Дальнего Востока. М.: Наука, 1966. С. 66–100.
- Буряк В.А.* Метаморфизм и рудообразование. М.: Недра, 1982. 256 с.
- Буряк В.А.* Условия образования метаморфогенных гидротермальных месторождений // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. Новосибирск: Наука, 1985. С. 14–22.
- Буряк В.А.* Источники золота и сопутствующих компонентов золоторудных месторождений в углеродистых толщах // Геология руд. месторождений. 1986. Т. 28, № 6. С. 31–43.
- Добрецов Н.Л., Кривцов А.И.* Модели магматогенно-гидротермального рудонакопления и критерии их отличия // Критерии отличия метаморфогенных и магматогенных гидротермальных месторождений. Новосибирск: Наука, 1985. С. 5–14.
- Коробейников А.Ф.* Особенности распределения золота в породах черносланцевых формаций // Геохимия. 1985. № 12. С. 1747–1757.
- Ломтадзе В.Д.* Условия выжимания воды и нефти из глин // Зап. ЛГИ. 1951. Т. 25, вып. 2. С. 49–86.
- Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Гарбар С.В.* и др. Механизм биогенного формирования аутигенных включений золота в тонкодисперсных осадках // Докл. АН СССР. 1985. Т. 283, № 3. С. 711–713.
- Рыкус М.В., Сначев В.И.* Динамотермальный метаморфизм и золотообразование в рифейских толщах западного склона Южного Урала // Проблемы петрогенезиса и рудообразования. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 141–143.
- Рыкус М.В., Сначев В.И.* Золото западного склона Южного Урала. Уфа: УНЦ РАН, 1999. 170 с.
- Сначев А.В., Кузнецов Н.С., Сначев В.И.* Черноозерское проявления золота — первый объект на Южном Урале в углеродистых отложениях офиолитовой ассоциации // Докл. РАН. 2011. Т. 439, № 1. С. 83–85.
- Сначев А.В., Савельев Д.Е., Сначев В.И.* Палладий-золото-редкометалльная минерализация в углеродистых сланцах зигазино-комаровской свиты (Южный Урал) // Руды и металлы. 2010а. № 4. С. 14–19.
- Сначев А.В., Сначев В.И., Рыкус М.В.* Перспективы рудоносности углеродистых отложений западного обрамления Суундукского гранитного массива // Нефтегазовое дело. 2010б. Т. 8, № 2. С. 11–20.
- Страхов Н.М.* Основы теории литогенеза. Т. 1–3. 2-е изд. М.: АН СССР, 1960–1962.
- Шишкина О.В.* Иловые воды // Химия океана. М.: Наука, 1979. Т. 2. С. 252–270.

Поступила в редакцию  
22.05.2012