

УДК 553.41 (574)

В.Н. ЛЮБЕЦКИЙ¹, Х.А. БЕСПАЕВ², Л.Д. ЛЮБЕЦКАЯ³

ГЛУБИННЫЕ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА БАКЫРЧИК И ВАСИЛЬКОВСКОЕ

Терең жобалауда Қазақстанның екі ірі алтын кенорны-Бакыршық пен Васильков жоспарда салыстырылып қаралды. Өртүрлі жағдайда шектелуіне, типтердің кенденуіне, метасоматикалық өзгерулерге қарамай, бұл кенорындар терең жобалауда ұқсас кескіндермен сипатталып көрсетілді және алтын кендер жүйелерінің пайда болуы мантия мен қабық маңында тығыз әрекеттесу процестері анықталды.

Рассмотрены в сравнительном плане глубинные модели двух суперкрупных месторождений золота Казахстана – Бакырчик и Васильковское. Показано, что несмотря на различные обстановки локализации, тип оруденения, метасоматические изменения и пр., глубинные модели этих месторождений характеризуются сходными чертами, что свидетельствует о зарождении золоторудных систем в определенных условиях при тесном взаимодействии мантийных и коровых процессов.

Deep models of two gigantic gold deposits in Kazakhstan – Bakyrchik and Vasilkovskoye were comparatively studied. It was found out that despite of different localization situation, mineralization type, metasomatic changes, etc., deep models of these deposits have similar features suggesting that gold ore systems originate in different conditions with close interaction of mantle and crust processes.

В связи с возрастающей актуальностью поисков в Казахстане новых золоторудных объектов, в первую очередь, крупных и суперкрупных по запасам металла, важное значение приобретают модели известных месторождений-гигантов в качестве эталонов для прогнозирования. Многочисленные опубликованные модели месторождений золота являются главным образом геолого-генетическими и охватывают широкий круг вопросов, характеризующих геологические условия локализации оруденения, уровень эрозивного среза рудно-магматической колонны, метасоматическую, геохимическую и минералогическую зональности и т.д. При этом скрытые глубинные структуры большей частью остаются вне поля зрения, и, таким образом, разрывается связь коровых и близповерхностных процессов с глубинными мантийными источниками. На золоторудных месторождениях Казахстана вскрыты лишь отдельные уровни рудно-магматических систем, поэтому весьма важно при прогнозировании опираться на полные типовые модели, разработанные на примере других, лучше вскрытых и изученных, золотоносных провинций (Центрально-Кызылкумской, Ленской и др.).

Однако, и в этих регионах геофизические данные по глубинному строению коры и мантии практически не задействованы. Вместе с тем, сопоставление золоторудных поясов и месторождений золота Казахстана и других провинций показало, что глубинные части их рудно-магматических систем сходные, несмотря на разный возраст оруденения, вмещающей среды и условия локализации [6]. Это свидетельствует о наличии общих определяющих закономерностей формирования золоторудных систем, которые требуют тщательного изучения.

Ниже приведена сравнительная характеристика глубинных моделей двух наиболее крупных в Казахстане месторождений золота – Бакырчик и Васильковское, сформированных в разных по тектоническому строению и истории развития регионах.

Вопросам формирования *месторождения Бакырчик* посвящено большое количество работ. Практически его геолого-генетическая модель начала разрабатываться с момента открытия месторождения. Одна из первых графических моделей месторождения приведена П.Ф. Иванкиным и К.А. Рабиновичем в «Атласе структур

¹ 050010 Казахстан, Алматы, ул. Богембай батыра 69^а. Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева МОН РК

рудных полей» (1970). Структура месторождения трактовалась как рудный пучок, корнями связанный с предполагаемой малой интрузией среднего состава. В.А. Нарсеевым, В.С. Шибко, В.И. Зенковой и другими длительное время разрабатывалась модель, основанная на вулканогенно-термальном источнике золота в период осадконакопления и седиментогенеза бақырчикской свиты. По В.И. Зенковой (1978) этап седиментогенеза завершился формированием промышленных стратиформных гидротермально-осадочных руд. В более поздней модели В.А. Нарсеева и др. [9] этот этап рассматривался как рудоподготовительный, а продуктивное рудообразование увязывалось с последующими этапами литогенеза – метаморфизмом рудоносных микститов и перераспределением первичного гидротермально-осадочного золота без дополнительного привноса. Л.Г. Марченко (1980, 1984) обосновывалась связь золотого оруденения с субэвральным магматизмом C_{2-3} , близким по возрасту бақырчикской свиты.

Вторая группа исследователей придерживалась модели, основанной на парагенетической связи золотого оруденения с кунушским комплексом малых интрузий и даек пестрого состава, которые характеризуются высоким кларком золота (6,3 мг/т). По геофизическим данным (Багишева, 1961; [10]), в зоне Кызыловского разлома на глубине 4-5 км выявлен скрытый массив габбро-диоритов, с которым связывалось оруденение месторождения Бақырчик. В.Д. Борцовым и П.С. Ревякиным (1981) оруденение увязывалось с надрудными зонами скрытых батолитов гранитоидов калбинского комплекса, выделяемых в осевой части Западно-Калбинского терригенного прогиба.

На основе надинтрузивной позиции золотого оруденения разработаны эндогенные гидротермально-метасоматические модели месторождения Бақырчик: четырехуровневая модель со вторым сверху продуктивным уровнем [4], надинтрузивный рудный пучок с корневой частью в апикальной части интрузива на глубине 3,0-3,5 км [3] и др. Согласно модели А.М. Мысника, оруденение золота Бақырчикского района сформировано в два этапа: синседиментный осадочно-диагенетический и эндогенный эпигенетический [7,8].

Несколько отличной модели рудообразования придерживается Т.М. Жаутиков (2000-2002). Согласно его точке зрения, золото-сульфидное оруденение также сформировано в два этапа: седиментогенно-раннедиагенетический и тектоно-метаморфогенный. В первый этап происходило накопление геохимически специализированной углеродисто-терригенной толщи, обогащенной углеродистым веществом, пиритом, линзами сидерита и углей, пропластками слоистых седиментогенных руд.

Второй, тектоно-метаморфогенный, этап совмещен с диагенетическим преобразованием слаболиитофицированных осадков. В этот период вдоль покровно-надвиговых нарушений происходил интенсивный динамометаморфизм рудовмещающих пород, совмещенный с региональным метаморфизмом. В таких условиях из слаболиитофицированных осадков отделялись флюидно-водные компоненты и формировалась рудоносная гидротермальная система с последующим отложением прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд. Перераспределялось органическое вещество пород, образуя над- и околорудные ореолы углеродистых метасоматитов.

В модели месторождения Бақырчик, составленной В.И. Фомичевым [12], обосновываются три этапа формирования оруденения: 1 – седиментный осадочно-диагенетический, 2 – тектоно-метаморфогенный, 3 – интрузивно-термально-метаморфогенный.

М.С. Рафаиловичем и др. [2], в развитие представлений о связи золотого оруденения Западной Калбы с интрузиями гранитоидов, рассмотрена метасоматическая, минералогическая и геохимическая зональности рудно-магматической колонны золотых месторождений всей Калбы и конкретно месторождения Бақырчик. В указанной колонне протяженностью 3,0-3,5 км в направлении от интрузивного очага к палеоповерхности выделены: 1 – тыловая интрузив-надинтрузивная зона, охватывающая апикальную часть интрузии и прилегающую к ней полосу терригенных пород мощностью 0,3-0,5 км с золото-мышьяк-редкометалльным и оловянным оруденением; 2 – промежуточная Au-As-Sn зона выше кровли интрузива на расстоянии 0,3-0,8 км; 3 – прифронтальная Au-As – полиметаллическая зона, отстоящая на 0,8-2,0 км от интрузии; 4 – фронтальная зона,

максимально удаленная от интрузива (2-3,5 км) с Au-As рудами бакырчикского типа.

По Х.А. Беспяеву и В.А. Глобе [1] прогноз-но-поисковая модель оруденения бакырчикского типа представляет собой многофакторную пространственно-временнo-связанную систему. Она включает палеогеографическую, палеоглубинную, магматическую, структурно-тектоническую, литологическую обстановку и гидротермально-метасоматические процессы. Рудообразование полигенное, двухэтапное. Первый этап рудоподготовительный, экзогенный сингенетический вулканогенно-гидротермально-метасоматический, с осадочной формой отложения золота в вулканогенно-терригенных лимнических образованиях фации микститов в концентрациях 0,3-1,1 г/т. Второй этап – эпигенетический эндогенный гидротермально-метасоматический, связанный с интрузивным и дайковым магматизмом, сопровождаемый формированием промышленных золоторудных тел в надинтрузивной шовной зоне разлома за счет ремобилизации и переотложения сингенетического первично-осадочного золота и дополнительного привноса глубинного эндогенного золота [1].

В структурном плане во всех приведенных моделях рудоконтролирующая роль отводится широтной Кызыловской зоне смятия, а также узлам пересечения последней северо-западными зонами вязких разрывов. Характерной чертой большинства моделей месторождения Бакырчик является их малая «глубинность», ограниченная положением верхней кромки скрытой интрузии (3,5-4,0 км).

Первая глубинная модель месторождения Бакырчик разработана Л.Д. Полевой [10] и В.Н. Любецким [5]. На основе интерпретации материалов грави-, магнито- и сейсморазведки были впервые реставрированы структуры основания терригенного прогиба Западной Калбы, вмещающего месторождения золота, а также основные неоднородности земной коры. В 90-е годы глубинные построения по гравимагнитным данным были дополнены материалами МОВЗ-ГСЗ и МТЗ по Алейскому траверсу (Каримов, Любецкий и др., 1994).

В настоящее время модель глубинной рудообразующей структуры месторождения Бакырчик представляется в следующем виде (рис. 1).

Месторождение Бакырчик размещается в пределах линейного Западно-Калбинского золоторудного пояса, в Иртыш-Зайсанской сутурной зоне смыкания двух континентов – Алтайско-Монгольского и Казахстанского. Пояс охватывает два офиолитовых шва и приофиолитовые прогибы, формировавшиеся в три стадии: океаническую (O_2-D_3), переходную (D_3-C_1) и континентальную (C_2-T_1). В современных структурах месторождение приурочено к терригенному прогибу, выполненному отложениями флишоидной формации (C_1v-s), морской лимнической (C_2b) и континентальной углеродистой ($C_{2,3}$) моласс. Комплекс терригенных отложений перекрывает структуры активных окраин сблизившихся континентов. Слагающие эти структуры комплексы представлены меланократовыми метаморфическими породами в ассоциации с кремнисто-базальтовыми и рифогенными карбонатными образованиями океанического дна, карбонатно-терригенно-вулканогенными образованиями островных дуг. Эти комплексы наблюдаются в мегамеланже Чарской и Горностаевско-Аркалыкско-Боконской аккреционно-шовных сутурных зон, где находятся в аллохтонном залегании.

Изучение изотопного состава свинца в золотосодержащих сульфидных минералах ($Pb/U > 50$; Сыромятников, 2004) показало, что процесс формирования оруденения месторождения Бакырчик охватывает интервал времени в 300 млн. лет и включает пять возрастных уровней: 574, 380, 300, 250 и 210 млн. лет. Большинство уровней отвечает главным стадиям геодинамического развития пояса. Начало рудного процесса (574 млн. лет) относится к рифтогенному этапу (F_3-O_1), о котором пока мало что известно, так как возраст самых древних доступных наблюдению вулканогенно-осадочных образований в пределах пояса составляет 478 млн. лет. Второй возрастной уровень оруденения (380 млн. лет) связан с океанической стадией – с регрессивной ветвью развития палеоокеана ($D_{1,2}$). Влияние островодужного этапа развития (D_3fm-C_1v) на рудный процесс изотопным анализом не отмечено, хотя его роль в формировании рудоконтролирующих структур установлена определенно. Уровень в 300 млн. лет отвечает ранней коллизии, совпадает по времени (C_3-P_1) с внедрением предбатолитовых золотоносных интрузий кунушского комплекса, круп-

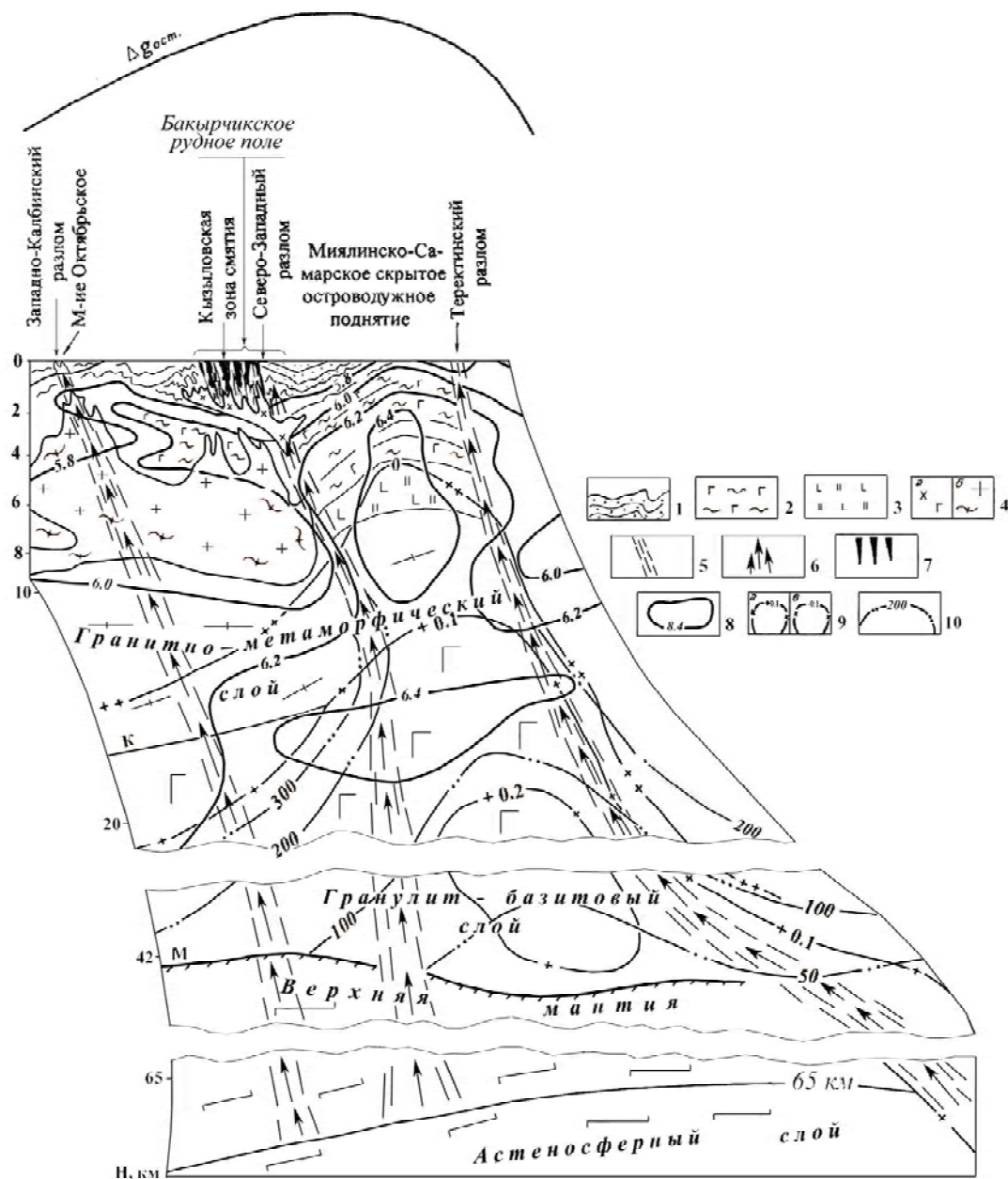


Рис. 1. Глубинная модель месторождения Бакырчик

1 – углеродистые отложения базальт-андезит-известняково-терригенной, флишоидной и молассоидной формаций междугового прогиба (C_{1v1-2} ; C_{1s} , C_{2-3}); 2 – отложения морской известняково-кремнисто-диабазовой (?) формации островной дуги (D_1 , D_{2-3}); 3 – офиолитовая ассоциация пород в основании островной гряды; 4 – скрытые интрузии: габбро-диоритов, диоритов – а, гранитоидов гранито-гнейсового купола – б; 5 – зоны глубинных разломов; 6 – флюидопотоки из мантии, с которыми связан углеродистый метасоматоз; 7 – рудные тела; 8 – линии равных скоростей, км/с (МОВЗ-ГСЗ); 9 – скорости аномалии по данным МПЗ: положительные – а; отрицательные – б; 10 – линии равных сопротивлений, Ом·м (МТЗ)

ных батолитов гранитоидов и формированием основного объема оруденения. Уровни в 250 млн. лет (T_{1-2}) и 210 млн. лет (T_{2-3}) характеризуют время регенерации золотого оруденения в поздний тафrogenный этап развития пояса.

Строение структур основания Западно-Калбинского терригенного прогиба грубо симметричное. Осью симметрии является Знаменско-Георгиевская зона, представлявшая собой на этапе растяжения обширный океанический бассейн.

В процессе коллизии, активно проявившейся в позднем палеозое, бассейн сильно сузился и преобразовался в преддуговой прогиб, являвшийся таковым как для активной окраины Казахстанского, так и Алтайско-Монгольского континентов.

Активная окраина Казахстанского континента представлена в редуцированном виде сближенными в результате коллизии фрагментами. Выделяются фрагменты Горностаевско-Аркалыкско-Боконской палеозоны субдукции и надсубдукционная Кояндинско-Аркалыкская система энсиматических островных дуг. С островными дугами связано формирование Кемпир-Жананской золоторудной зоны; к активной окраине Казахстанского континента тяготеет Суздальско-Акжальская золоторудная зона, располагающаяся, в основном, в Знаменско-Георгиевском прогибе.

Наиболее полно представлены структуры активной окраины Алтайско-Монгольского континента. Главной организующей структурой являлась Чарская сутурная зона, зафиксированная офиолитовым швом и зоной меланжа, рассматриваемая как сохранившийся фрагмент палеозоны субдукции. На ее фронте располагался Знаменско-Георгиевский преддуговой прогиб, а в тылу – система двойных островных дуг. Система островных дуг формировалась в интервале времени от позднего девона (франа) до середины раннего карбона (визе). Она представлена двумя вулканическими грядами: Чарско-Олеговской фронтальной и Миялинско-Самарской тыловой, разделенными Казаншункурско-Курчумским междуговым прогибом. На поверхности сохранились лишь реликты островодужных комплексов Чарской вулканической дуги, сгруженных в зоне коллизионного шва. Миялинско-Самарская дуга полностью перекрыта терригенными отложениями серпуховского яруса. Однако в гравимагнитных полях, структурно-скоростных и электрических разрезах она выражена предельно четко и по своим физическим параметрам аналогична современной Большой Антильской островной дуге (Шапилов, 1991). Судя по наличию большого объема магнитовозмущающих масс и их высокой электропроводности, глубинная часть палеоостровной дуги представлена колонной мантийного и корового вещества, обусловившего формирование в промежуточных очагах гибридных магм – источников вулканитов последова-

тельно дифференцированной серии и золотоносных гипабиссальных интрузий габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитового состава. В субдукционный этап (D_3fm-C_1v) это была цепь размываемых островов, которая перед началом коллизии погрузилась и в короткое время была перекрыта мощной толщей терригенных осадков. Наблюдаемая углеродистость терригенных толщ ($C_1v-C_{2,3}$) и обогащение их азотистыми, хлоридными и другими соединениями металлов могли быть связаны с функционированием «черных курильщиков» вдоль склонов погружавшейся островной гряды. С внедрением на этапе коллизии интрузий габбро-диоритов, гранодиоритов и плагиогранитов кунушского комплекса (C_3-P_1), обогащенных сульфидами железа и мышьяка с золотом, связана регенерация золотой минерализации, рассеянной в углеродистых толщах, и ее переотложение в богатых концентрациях.

В центральной части золоторудного пояса в меланократовое основание «впаян» реликтовый останец древней (докембрийской?) сиалической коры, включающий Сенташ-Асубулакский гранито-гнейсовый купол (ГГК). На этом участке все структуры пояса сжаты и подплавлены (гранитизированы) в зоне влияния гранито-гнейсового купола. Миялинско-Самарская тыловая островная дуга разорвана на две части – северную Миялинскую и южную Самарскую. В разрезе Миялинское поднятие ограничено крутопадающими разломами с запада – Северо-Западным, с востока – Теректинским.

Кызыловская зона смятия является опережающей к Северо-Западному разлому. Поднадвиговая часть расположена в области влияния скрытого гранито-гнейсового купола, вблизи северной границы Центрально-Калбинского останца сиалической коры. По-существу, Северо-Западный разлом разграничивает два резко различных блока земной коры: Миялинский с мощным гранулит-базитовым слоем и резко сокращенным гранитно-метаморфическим и Казаншункурский с сокращенным в мощности гранулит базитовым и мощным гранитизированным гранитнометаморфическим слоями.

Месторождение Бакырчик тяготеет к указанной мобильной глубинной границе. По отношению к структурам основания терригенного прогиба месторождение Бакырчик располагается над юго-западным бортом Миялинского палео-

островодужного поднятия, ограниченным Северо-Западным разломом, на участке сопряжения последнего с пологопадающей к северу широтной Кызыловской зоной сдвиго-надвиговых деформаций. В зоне Северо-Западного разлома на глубине 4,5-5,0 км от поверхности локальными гравитационными максимумами фиксируется интрузия габбро-диоритов. Рудные тела Бакырчикского рудного поля располагаются в Кызыловской зоне смятия, образуя веерный односторонний пучок с корневой частью в апикальной части интрузии.

Расстояние от нижней границы рудных тел до кровли интрузива по склонению составляет около 4 км. Рудные тела падают на север под углами 30-40°, а склоняются по азимуту 320-360° под углами 25-30°. Рудные тела в совокупности с интрузией габбро-диоритов представляют единую рудно-магматическую систему – односторонний асимметричный рудно-магматический пучок. Расхождение рудно-магматических струй веерное, размер пучка в горизонтальном сечении порядка 7 км. Его пространственное положение определяется положением Кызыловской зоны, контролирующей размещение рудных тел. В связи с этим рудные тела пространственно располагаются в Казаншункур-Курчумской подзоне, но структурно связаны с глубинными структурами и интрузиями Миялинско-Самарской подзоны.

К Миялинской части островной дуги тяготеют также месторождения Миялы, Жерек и др., к Самарской – Сенташ, Аганакты, Кулуджун и Лайлы. Гранитоиды ГГК в местах подплавления пород островных дуг контролируют месторождения Бакырчик. Большевик, Акжал, Васильевское, Даубай, Баладжал, Кулуджун и Лайлы.

Важную роль в локализации оруденения играют также разломы, зоны смятия, надвигов и продольных сдвигов северо-западного, близширотного и северо-восточного направлений и узлы их пересечений.

На уровне верхней мантии Бакырчикскому району отвечает поднятие астеносферного слоя (до глубины 65 км от поверхности против 130 км в прилегающих структурах) типа мантийного плюма, эпицентр которого располагается под Миялинской палеовулканической дугой.

Характерно резкое линзообразное увеличение мощности гранулит-базитового слоя, сокращение

гранитно-метаморфического и существенно меланократовый состав последнего. Линза метабазальтового слоя подчеркивается на электрической модели высокоамплитудным подъемом границ с низким электрическим сопротивлением (50 Ом·м). В поверхности М району месторождения отвечает склон прогиба глубиной до 47,5 км; в региональном гравитационном поле – полоса высоких градиентов силы тяжести, разграничивающая положительную и отрицательную аномалии от соседних металлогенических зон.

Таким образом, главными элементами глубинной модели месторождения Бакырчик являются:

- поднятие астеносферы типа мантийного диапира, обеспечивавшего длительное поступление в земную кору тепла и мантийных флюидов;

- линейный прогиб поверхности Мохоровичича глубиной 47,5 км, и, соответственно, наиболее мощная в пределах пояса земная кора;

- линза «метабазальтового» слоя резко увеличенной мощности за счет активных процессов базификации (амальгамации) нижней коры, насыщения ее базальтовым веществом и приращения коры снизу;

- сокращенный в мощности гранитно-метаморфический слой повышенной меланократовости;

- мобильная крутопадающая зона (Северо-Западный разлом), разграничивающая разнородные блоки земной коры: Миялинский и Казаншункурский;

- глубинные разломы (Северо-Западный, Западно-Калбинский), по которым осуществлялась связь верхней мантии и коры – проводники тепло- и флюидопотоков, до настоящего времени фиксирующиеся остаточными термоградиентными зонами.

- узел сопряжения продольных Северо-Западного и Западно-Калбинского разломов с поперечной широтной Кызыловской зоной сдвиго-надвиговых перемещений, обеспечивших формирование вязких пластичных деформаций, создавших своеобразные локальные структурные ловушки;

- экзоконтакт скрытого Сенташ-Асубулакского гранито-гнейсового купола, заключенного в Центральном-Калбинском останце древней сиалической коры, с которым связаны процессы ультраметаморфизма и гранитизации в поднадвиговой части Кызыловской зоны смятия;

- Миялинское палеоостроводужное поднятие, сложенное преимущественно базальт-андезито-

выми комплексами, сформированное в надсубдукционной области Чарской палеозоны субдукции;
- глубинная невоскрывшая интрузия габбро-диоритового состава, прорывающая склон Миялинского палеоостроводужного поднятия на участке пересечения последнего Кызыловской широтной зоной сдвига-надвиговых перемещений.

Перечисленные факторы определяют условия локализации и масштаб золотого оруденения и должны учитываться при прогнозировании.

Васильковское месторождение принадлежит группе золоторудных объектов, сформированных на древних континентальных массивах, испытавших многократную деструкцию и тектоно-магматическую активизацию.

Золотоносность Кокшетауского террейна, включающего Васильковское месторождение, исследовалась длительное время, начиная с работ Ю.А. Билибина (1947). Ранние исследования проводились в традиционном плане: изучалась связь золотого оруденения с интрузивным магматизмом, его приуроченность к тектоническим структурам, закономерности локализации и поисковые критерии, геологическое строение золоторудных полей.

Современные разработки проблемы золотоносности Кокшетауского террейна характеризуются поисками новых нетрадиционных подходов к оценке его металлоносности и потенциальных ресурсов.

В.Н. Матвиенко (1994) на основе изучения руд золотоносных месторождений с применением микроаналитического комплекса и химического анализа пришел к выводу, что конкретному формационному типу золоторудных месторождений присущ определенный набор морфопризнаков самородного золота, его фазового состава, структурных модификаций кремнезема и углеродистого вещества. В итоге им разработана единая универсальная модель формирования золоторудной колонны, осуществлявшаяся по схеме: седиментация > ранний диагенез > поздний диагенез > эпизона > динамометаморфизм > мезозона (+ катазона) > интрузивный магматизм.

Близкую идею развивает в своих исследованиях М.С. Рафаилович (1994, 1995). Согласно его данным, разновозрастные, синхронные раннему (кембрий), среднему (поздний ордовик-ранний силур) и позднему (девон-карбон) этапам тектоно-магматической активизации, разноглубинные

рудно-магматические системы Кокшетауского террейна образуют единую ступенчатую колонну с закономерно меняющимися по вертикали геолого-геохимическими характеристиками входящих в нее месторождений золота. Доказывается, что главной тенденцией рудных формаций является смена снизу вверх древних типов молодыми, усложнение формационного и элементного состава, снижение фемических и увеличение сиалических элементов. По-существу, им также выдвигается идея о единой универсальной модели формирования золоторудных месторождений.

Васильковское месторождение расположено в пределах одной из наиболее мобильных зон Кокшетауского террейна, которая в современных структурах выражена Шатской системой близширотных разломов. Начало формирования этой разрывной структуры относится к протерозою и связано с заложением авлакогенов рифтогенного типа в связи с деструкцией и разрушением архей-раннепротерозойской коры Тениз-Кокшетауского внутриплитного сводового поднятия при внедрении мантийного плюма в область современной Тенизской впадины (М.А. Абдулкабирова, 1975; В.Н. Любецкий, А.Т. Урдабаев, 2005). В процессе внедрения плюма по его периферии на стадии растяжения формировались аркогенные разломы и рифтогенные структуры типа зеленокаменных трогов с контрастным вулканизмом и терригенным заполнением, а затем надрифтовые прогибы, выполненные кремнисто-карбонатно-углеродистыми золотоносными отложениями шарыкской свиты. В данном случае такой структурой является выделяемый по геофизическим данным (В.Н. Любецкий и др., 1981, 1988, 2002) так называемый Теренколь-Драгомировский пояс, зеленокаменные толщи которого претерпели глубокий метаморфизм. Поэтому условно в настоящее время он рассматривается как пояс существенно меланократового эклогит-гранулитогнейсового состава.

В ордовике, когда процесс разрушения Тениз-Кокшетауского свода достиг своего максимума и в его центре сформировалась Тенизская зона спрединга океанической коры, а по периферии – мощная система рифтов, на месте зеленокаменного пояса образовался Восточно-Кокшетауский палеорифт предположительно с полным разрывом коры в своей восточной части. В позднем

ордовике при смене растяжения сжатием на бортах этого рифта формировались островодужные комплексы, в коллизионный этап произошло надвигание бортов рифта на его центральную часть. В раннем-среднем девоне вдоль этой линии проявился наземный вулканизм, а в тафрогенный этап – сформировались грабен-мульды с терригенно-карбонатным заполнением. К Шатской системе разломов тяготеют и наложенные триасовые мульды с трапповым типом вулканизма и диатремами лампроитовых туфов (Кошкарская).

Таким образом, Шатская мобильная система разломов, разграничивающая две разнородные структуры – зеленокаменный пояс и зону гранитизации с разным составом земной коры, развивалась от докембрия до мезозоя включительно. На поверхности она выражена фрагментарно: в пределах Васильковского рудного района, главным образом, Широтным разломом. Общая ее ширина составляет 30-50 км; с севера она ограничена Азатским, а с юга – собственно Шатским разломом. В зоне Шатского разлома отложения зерендинской серии смяты в узкие изоклинальные складки, интенсивно метаморфизованы, разгнейсованы, превращены в гранито-гнейсы, амфиболиты и амфиболовые сланцы. На глубине породы эклогит-гранулитогнейсового комплекса контактируют с гранито-гнейсами Антоновского купола. В верхних горизонтах коры в этот контакт внедрился Алтыбайский плутон сложнодифференцированных гранитоидов зерендинского комплекса позднего ордовика.

Шатская система широтных разрывов хорошо дешифрируется на аэро- и космоснимках и уверенно проявлена в трансформированном гравитационном поле полосой высоких градиентов силы тяжести. На основе количественной интерпретации зоны градиентов амплитуда вертикального смещения по Шатской системе разломов оценивается в 4 км. По данным МОВЗ-ГСЗ Шатская система отмечается широкой (10-15 км) зоной отсутствия точек обменов волн до глубины свыше 60 км и вертикальными смещениями глубинных слоев земной коры и верхней мантии амплитудой от 3 до 5 км. Указанная зона разграничивает блоки земной коры с разным строением, мощностью слоев и плотностью пород ($D_y = 0,14 \text{ г/см}^3$). Более высокая плотность характерна для северного, Теренколь-Драгомировского, блока, низкая – для южного, Антоновско-

Кылышкитинского. Падение зоны разломов к югу под углом 50° .

Область Шатской системы близширотных разломов характеризуется присутствием в отложениях разного возраста свободного углерода: черные углеродистые сланцы шарыкской свиты, углеродистые алевролиты лидиевской свиты и др. В базитах, ультрабазитах и эклогитах, тяготеющих к Шатской системе разломов, присутствует тонкораспыленный графит. Обилие углеродистого вещества позволяет предполагать его эндогенную глубинную природу.

Флюидный режим близширотных систем разломов в кристаллическом ядре Кокшетауского террейна определяется их развитием в качестве границ эклогит-гранулитогнейсовых поясов и областей развития гранито-гнейсовых куполов. Парагенетическое единство указанных структур определяется тем, что вдоль их границ инфильтруются мантийные восстановленные флюиды, окисляющиеся в земной коре по восстанию колонны флюидопотоков. Выделяющаяся при этом тепловая энергия и возрастающее порционное давление воды приводят к гранитизации фундамента.

Принципиальная схема участия восстановленных мантийных газов в метаморфизме и гранитизации земной коры разработана А.А. Маракушевым и Л.Л. Перчуком (1972). Согласно их точке зрения, поднимающиеся ювенильные растворы окисляются, происходит их термическое разогревание, и создается источник тепла и энергии для регионального метаморфизма гранитно-метаморфического слоя. Разогретые ювенильные подкорковые растворы, обогащенные щелочами и кремнеземом, проникают в земную кору и гранитизируют ее, насыщая натрием, калием, кремнеземом, щелочно-земельными, радиоактивными и редкоземельными элементами.

Подобную схему эволюции восстановленных мантийных флюидов можно предполагать и для системы широтных разломов Кокшетауского террейна, поскольку вдоль них размещено большинство гранито-гнейсовых куполов и крупных плутонов перемещенных гранитов.

По данным Г.В. Ручкина (1983), месторождения золота на докембрийских кристаллических массивах закономерно приурочены к древним рифтогенным структурам земной коры, фрагменты которых сохраняются между гранито-гнейсовыми куполами. Формирование рассеян-

ных концентраций золота на ранних этапах развития зеленокаменных поясов связано с накоплением вулканогенно-осадочных комплексов и становлением сопровождающих их интрузий.

В процессе роста гранито-гнейсовых куполов концентрации металла в зонах ультраметаморфизма и гранитизации частично уничтожаются. На заключительной регрессивной стадии формирования куполов происходит перераспределение металлов, в частности золота, и его концентрация по периферии куполов в мобильных зонах разрывов, милонитизации и рассланцевания.

Таким образом, большей частью скрытая южная граница Теренколь-Драгомировского пояса меланократовых метаморфических пород с Антоновско-Кылшиктинской зоной гранитизации являлась мобильной структурой, обеспечившей длительную и многообразную по форме (эффузивную, интрузивную, флюидную) связь с верхней мантией и, соответственно, многократное обогащение верхних горизонтов земной коры золотом из мантии. По-существу, это коллизионный шов смыкания разнородных блоков. Васильковское месторождение локализовано в узле пересечения этой широтной мобильной границы Васильковско-Березовским глубинным разломом северо-восточного направления, Донгульгашским и Алексеевским – северо-западного. Обычно в таких сложных тектонических узлах образуются камеры, высокопроницаемые для восстановленных мантийных флюидов, благоприятные для формирования вторичных очагов базальтовых и андезитовых расплавов и каналов поступления в верхние горизонты коры остаточных гидротермальных рудоносных растворов.

Если Шатская широтная система характеризуется присутствием в отложениях разного возраста свободного углерода, что является признаком обильного поступления в верхние горизонты земной коры восстановленного мантийного флюида при его относительно медленном окислении, то для северо-восточной системы разломов, напротив, характерно быстрое окисление мантийного флюида, обилие образующейся воды, поступление щелочей, кремнезема, выделение тепловой энергии.

Васильковско-Березовский разлом, протяженностью свыше 270 км МОВЗ-ГСЗ прослеживается до границы Мохоровичича (М), где ему отвечает осевая часть прогиба этой поверхности

амплитудой до 7 км. Аналогичный прогиб в зоне разлома образует и поверхность гранулит-базитового слоя. Падение разлома юго-восточное, вначале под углом 50-70°, а с глубины 15 км – более пологое. Вдоль Васильковско-Березовского разлома в земной коре фиксируется колонна пород, метасоматически преобразованных под воздействием поступающих по разлому флюидов из верхней мантии (В.Н. Любецкий и др., 1988, 1997, 2000). С поверхности метасоматические процессы вдоль разломов северо-восточного направления отмечались Ф.А. Летниковым (1975), М.А. Абдулкабировой (1975); В.Е. Гончаренко, Г.Г. Шешкилем (2002) выделялись зоны мантийной углеродистой дегазации.

Геологическими методами Васильковско-Березовский разлом хорошо изучен в пределах Алтыбайского массива гранитоидов, где он представлен системой трещин, ориентированных по азимуту 40-60° и крутопадающих (под углом 75-90°) к юго-востоку. Они образуют мощную региональную зону трещиноватости, а на отдельных участках – зоны рассланцевания мощностью 5-10 м. Судя по смещению структур, разлом формировался как левосторонний сдвиг с суммарной амплитудой горизонтальных перемещений до 20-30 км.

Донгульгашская зона разломов прослеживается в северо-западном направлении на 100 км при крутом падении на северо-восток под углом 70-85°. Она контролирует размещение Алтыбайского, Жолдыбайского, Кызылсайского, Берлистьского интрузивных массивов и вулканитов палеозоя. Зона разломов детально изучена в районе Алтыбайского массива. Разломы обычно прямолинейные, выдержанные по простиранию и падению и сопровождаются интенсивным рассланцеванием пород. Борозды и штрихи скольжения на стенках трещин направлены под углом 50-80°, что указывает на преобладание вертикальной составляющей при косых блоковых перемещениях.

Алексеевская зона разломов также характеризуется выдержанным северо-западным простиранием и крутым северо-восточным падением. Она разграничивает сланцы шарыкской свиты и вулканогенно-терригенные образования среднего-позднего ордовика.

Северо-западная система разломов отчетливо выражена в гравитационном и магнитном полях.

Расположенный в узле пересечения указанных выше разломов рудовмещающий Алтыбайский многофазный массив по одному из выдвинутых блоков как бы вклинивается внутрь Теренколь-Драгомировского пояса, «захватывая» своей периферической частью породы меланократового состава (рис. 2). Одна часть массива расположена во вмещающем фемическом субстрате, сложена контаминированными гибридными разностями (с ксенолитами сланцев и амфиболитов), а другая вне этого субстрата, следов контаминации и гибридизма в гранитоидах не несет. Гранитоидам Алтыбайского массива свойственны окварцевание, калишпатизация (дорудная и синрудная), альбитизация, грейзенизация, березитизация, карбонатизация. По данным П.В. Ермолова и др. (2003), вклад мантийного материала в коровый источник ордовикских гранитоидов составляет от 80 до 60 %, поэтому в гранитоидах отмечается повышенное содержание флюидной фазы. Объем восстановленных флюидов сравнительно невелик, но повышены концентрации азота; специализация флюида водородная.

Плотность пород Алтыбайского массива колеблется от 2,94 г/см³ для габбро до 2,62-2,53 г/см³ для гранитов. Средняя плотность – 2,76 г/см³, поэтому на фоне вмещающих комплексов со сходной плотностью массив в гравитационном поле не проявлен. Локальными максимумами фиксируются тела диоритов и габбро-диоритов, минимумами – гранитов. Индуктивная намагниченность пород массива меняется от 0 до 2500×10^{-5} СИ. Преобладают высокие значения, особенно для гибридизированных разностей пород, поэтому массив выделяется в магнитном поле положительными аномалиями интенсивностью до 1000 нТл. На картах пересчета магнитного поля вверх Алтыбайскому массиву отвечает региональная положительная аномалия.

Вблизи Алтыбайского плутона в краевой части Антоновского ГГК располагаются перемещенные массивы лейкократовых гранитов среднедевонского возраста с высоким нормальным распределением золота (2,5-3,5 мг/т) и большим процентом проб с аномально высоким его содержанием.

Васильковское месторождение представляет собой линейный золотоносный штокверк. Оруденение распределено струями преимущественно северо-восточного направления и юго-запад-

ного склонения (под углом 35-40°) – вдоль Васильковско-Березовского разлома; локализовано в краевой части батолита, в зонах перемежаемости гибридных разностей гранитоидов. По данным М.С. Рафаиловича [11], в формировании месторождения активно участвовали все три системы разломов: северо-западные в качестве рудоподводящих и рудораспределяющих, широтные – рудораспределяющих, северо-восточные – рудоконтролирующих. Трещинные зоны указанных направлений составили каркас рудного штокверка и поля гидротермалитов. По мнению [3], Алтыбайский массив на фоне вмещающих пластичных кристаллических сланцев представляет собой крупное тело, своеобразный трещиноватый блок, локализовавший прожилково-вкрапленную минерализацию. Рудный штокверк локализован на контакте габбро-диоритов и диоритов с роговообманково-биотитовыми гранодиоритами и плагиогранитами. Сечение штокверка на поверхности составляет первые сотни метров, вертикальная протяженность до 1,5 км. Штокверк представлен сочетанием сульфидно-кварцевых прожилков и маломощных жил с прожилковой вкрапленностью сульфидов в березитизированных диоритах и гранодиоритах. В целом штокверк образует конусовидное тело, сужающееся и выклинивающееся с глубиной [3].

На уровне верхней мантии (с глубины 100 км) Кокшетаускому террейну отвечает пологопадающая под массив глубинная зона высокой электрической проводимости, которая по физическим параметрам отождествляется с потоком недеплетированной мантии. От нее к поверхности отходят крутовосстающие зоны градиентов, фиксирующие зоны глубинных разломов, по которым происходила дегазации мантии, метасоматоз и интенсивная базификация нижней коры. Вдоль этих линий транспортировались тепло- и флюидопотоки. Такие линии отметились линейными прогибами поверхности М, линзовидными приращениями гранулит-базитового слоя, сокращением гранитно-метаморфического слоя при общем увеличении мощности коры до 47 км. В конкретном случае Васильковско-Березовскому разлому отвечает узкий локальный прогиб поверхности М амплитудой до 5 км и гребневидная линза гранулит-базитового слоя мощностью порядка 27 км.

По мнению [3], крупные масштабы Васильковского месторождения обусловлены положени-

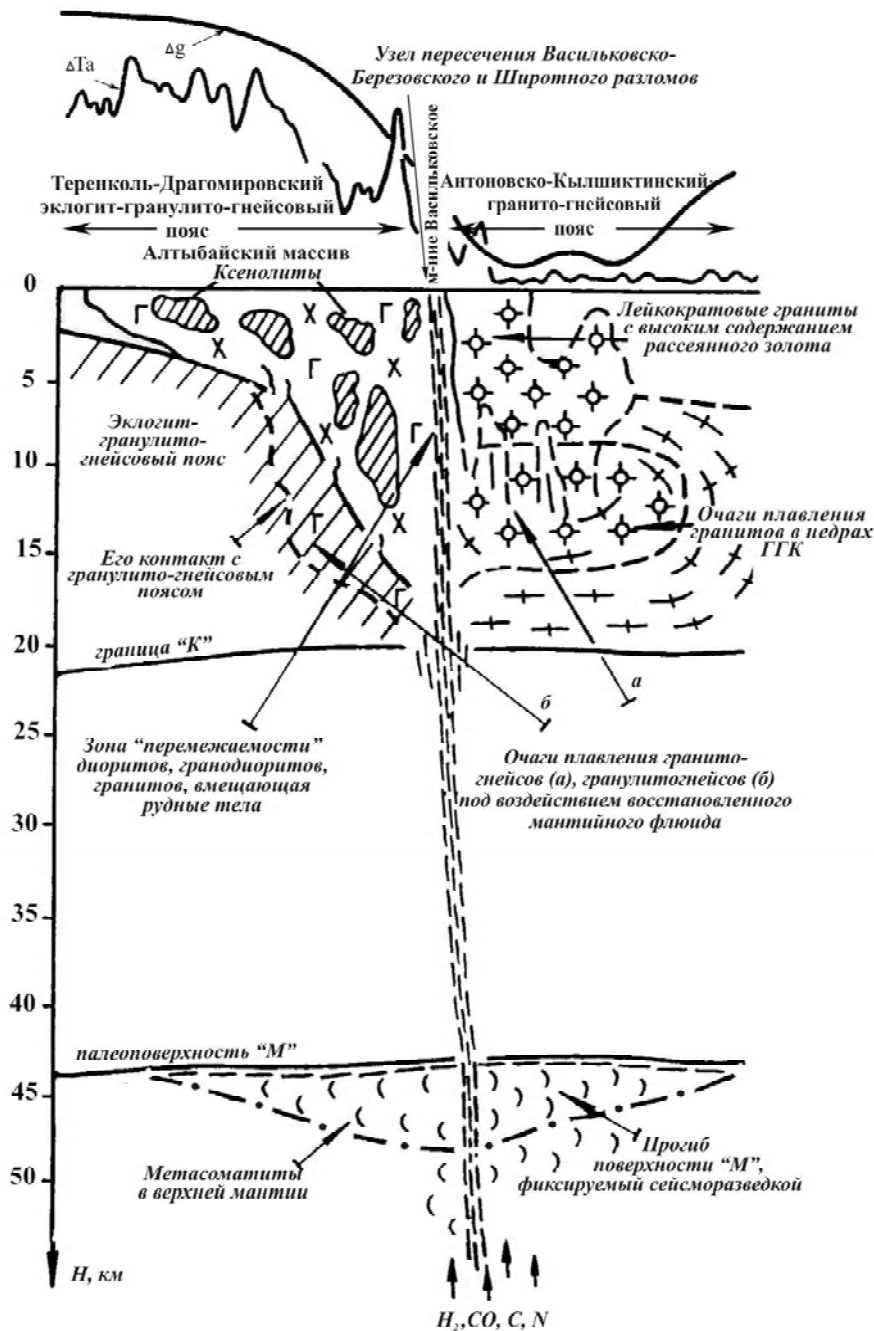


Рис. 2. Модель глубинного строения и формирования Васильковского месторождения (по В.Н. Любецкому)

ем вмещающего оруденение локального тектонического блока над «горячей мантийной точкой» и, как следствие, его аномальным развитием.

Главными элементами глубинной модели Васильковского месторождения являются (см. рис. 2):

- система краевых глубинных зон, связанных с деятельностью Тенизского мантийного плюма, по которым осуществлялись мантийно-коровые взаимодействия;

- прогиб поверхности М, как отражение метасоматических преобразований в мантии и нижней коре вдоль Васильковско-Березовского разлома мантийного заложения;

- линза гранулит-базитового слоя мощностью до 27 км, приращенная снизу;

- гранитно-метаморфический слой сокращенной мощности, повышенной меланократовости;

- коллизионный тектонический шов на южной границе Теренколь-Драгомировского пояса ме-

ланократовых пород с Антоновским гранито-гнейсовым куполом, длительно развивавшийся в качестве мобильной зоны высокой проницаемости;

- узел пересечения широтной коллизионной сутуры Донгульгашским северо-западным разломом, а также северо-восточным Васильковско-Березовским глубинным разломом с признаками крупноамплитудных сдвиговых и взбросо-сдвиговых перемещений, создавших участки повышенной проницаемости для магматических расплавов и гидротермальных растворов;

- Алтыбайский многофазный плутон гибридизированных гранитоидов, дискордантно внедрившийся в фемический субстрат Теренколь-Драгомировского пояса при росте Антоновского гранито-гнейсового купола на наиболее мобильном участке границы этих структур;

- магматические брекчии жерловой субвулканической фации в Алтыбайском плутоне, свидетельствующие о взрывных процессах, связанных с формированием редуцированного наземного вулканического пояса и внедрения лейкократовых гранитов в девонский этап тектоно-магматической активизации (Диаров и др., 1984).

Глубинные модели Бакырчикского и Васильковского месторождений объединяет высокое положение аномальной астеносферной мантии, обусловившей активные мантийно-коровые взаимодействия: интенсивный метасоматоз верхней мантии и нижней коры, плавление и насыщение коры мантийным материалом, формирование очагов выплавления базальт-андезитовых магм, линзообразное приращение базальтового слоя, интенсивная гранитизация и сокращение гранитно-метаморфического слоя. Общим фактором является приуроченность месторождений к мобильным границам разнородных блоков земной коры и узлам пересечения этих границ поперечными глубинными разломами, которые длительное время являлись каналами поступления в верхние горизонты коры восстановленных газов, тепло- и флюидопотоков, гидротермальных растворов. Характерно формирование на границе блоков фемического и сиалического состава многофазных гибридизированных интрузий, по отношению к которым Бакырчик располагается в максимально удаленной надинтрузивной зоне, а Васильковское месторождение непосредственно в теле интрузии.

Приведенные выше общие черты глубинных моделей двух наиболее крупных месторождений золота Казахстана свидетельствуют о сходстве их глубинных золотообразующих систем. Дальнейшее изучение глубинного строения золоторудных поясов позволит увязать глубинные модели с геодинамическими обстановками их формирования, оценить роль рифтогенных, островодужных, коллизионных процессов в образовании рудно-магматических систем, с которыми связаны суперкрупные концентрации золота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспяев Х.А., Глоба В.А. Прогнозно-поисковые модели месторождений золота черносланцевой формации на примере месторождения Бакырчик. – Геология Казахстана. 2005. № 4-5. С. 9-15.
2. Борцов В.Д., Рафаилович М.С., Мизерная М.А. и др. О зональности золотого оруденения в Западной Калбе (Восточный Казахстан) – Геология и охрана недр, 2004. № 3. С. 20-26
3. Константинов М.М. и др. Золоторудные гиганты России и Мира. М.: Научный мир, 2000. 252 с.
4. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Закономерности формирования и размещения месторождений благородных металлов Северо-Восточного Казахстана. Томск: ТГУ, 1994. 337 с.
5. Любецкий В.Н. Глубинные критерии локализации оруденения золота в Казахстане. – Опыт прогнозирования и оценки золоторудных месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1985. С. 10-19.
6. Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д. Глубинное строение золоторудных поясов, вмещающих суперкрупные месторождения (Западно-Калбинский пояс, Казахстан). – Условия формирования, закономерности размещения и прогнозирования полезных ископаемых. Матер. междунар. конф. Ташкент, 2006. С. 69-74.
7. Мысник А.М. Западно-Калбинский пояс. – Большой Алтай., кн. 2. Алматы, 2000. С. 262-282.
8. Мысник А.М. и др. К геолого-генетической модели месторождения золота сульфидно-углеродистой формации (бакырчикский тип). – Матер. междунар. научно-техн. конф. Усть-Каменогорск, 2001. С. 102-104.
9. Нарсеев В.А. и др. Бакырчик (геология, геохимия, оруденение). М., 2001, 174 с.
10. Полевая Л.Д. Тектоническое строение, развитие и закономерности размещения оруденения Западной Калбы. – Характеристика геологических формаций Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1975. С. 71-127.
11. Рафаилович М.С. Васильковское штокверковое месторождение золота: геологическая позиция, минералогическая зональность, прогнозно-поисковая модель. – Геология и охрана недр. 2006. № 4 (21). С. 34-41.
12. Фомичев В.И. Бакырчикское месторождение золотосодержащих черных сланцев. – Атлас моделей месторождений полезных ископаемых. Алматы, 2004. С. 54-57.