

СВЯЗЬ МЕТАЛЛОГЕНИИ УРАНА С ГЕОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В КРАЕВЫХ ЧАСТЯХ ЕВРАЗИИ

И.Г.Печенкин

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского, г. Москва

Обосновывается положение о том, что металлогеническая специализация осадочных бассейнов Евразии обусловлена коллизией и субдукцией плит, наступающих в мезозое и кайнозое на южные и восточные краевые части Евразийской плиты. Формирующаяся латеральная зональность специфична для каждого крупного блока земной коры, в пределах которого локализованы осадочные бассейны с урановыми месторождениями, преимущественно тяготеющими к внешнему фронту коллизии.

Ключевые слова: Евразия, металлогения, осадочный бассейн, месторождения урана, коллизия, субдукция.

Неоген-четвертичная коллизия Африканской, Аравийской и Индийской плит с юга и мезозой-кайнозойская субдукция Тихоокеанской плиты с востока способствовали формированию крупных орогенных поясов в краевой части Евразийской плиты, каждый из которых обладает своей металлогенической спецификой. Анализ пространственного размещения эндогенных и экзогенных урановых месторождений в отдельных орогенных областях – предпосылка для выявления особенностей металлогенической зональности в каждом крупном геоблоке и позволяет наметить в них местоположение инфильтрационных месторождений урана в различных по условиям образования осадочных бассейнах (ОБ).

Глобальные геотектонические процессы как один из факторов формирования урановых месторождений ранее рассмотрены Ю.Габельманом на примере рудных районов США [31]. Установленный факт тяготения урановых месторождений разного генезиса к зонам тектонических напряжений, к сожалению, не получил дальнейшего развития. В монографии А.Митчелла и М.Гарсона [33], работе Д.Эверхарта [28], а также в ряде статей других авторов ведущая

роль в урановорудном процессе отводилась геодинамическим обстановкам, создающим, по их мнению, условия для образования урановых объектов. Однако металлогенический анализ в них проведен не в полной мере, не были изучены вопросы взаимоотношения экзогенного и эндогенного рудогенеза, касающегося урана. В отечественной литературе урановорудные процессы в связи с плейт-тектоникой рассматривались только как составная часть общего металлогенического анализа [9, 10, 17, 26 и др.].

Нами в 2003 г. обосновано представление о том, что формирование месторождений-гигантов Притяньшаньской урановорудной мегапровинции определено коллизией Индийской плиты с южной частью Евразийского континента. При этом высказано предположение о поступлении металла из внешнего глубинного источника – области максимальных стрессовых усилий, возникающих в местах активного соприкосновения коллизионных плит, представленного Памирским «клином» [4, 5].

За последние 60 лет многочисленные инфильтрационные урановые месторождения были выявлены в краевых частях Евразийского

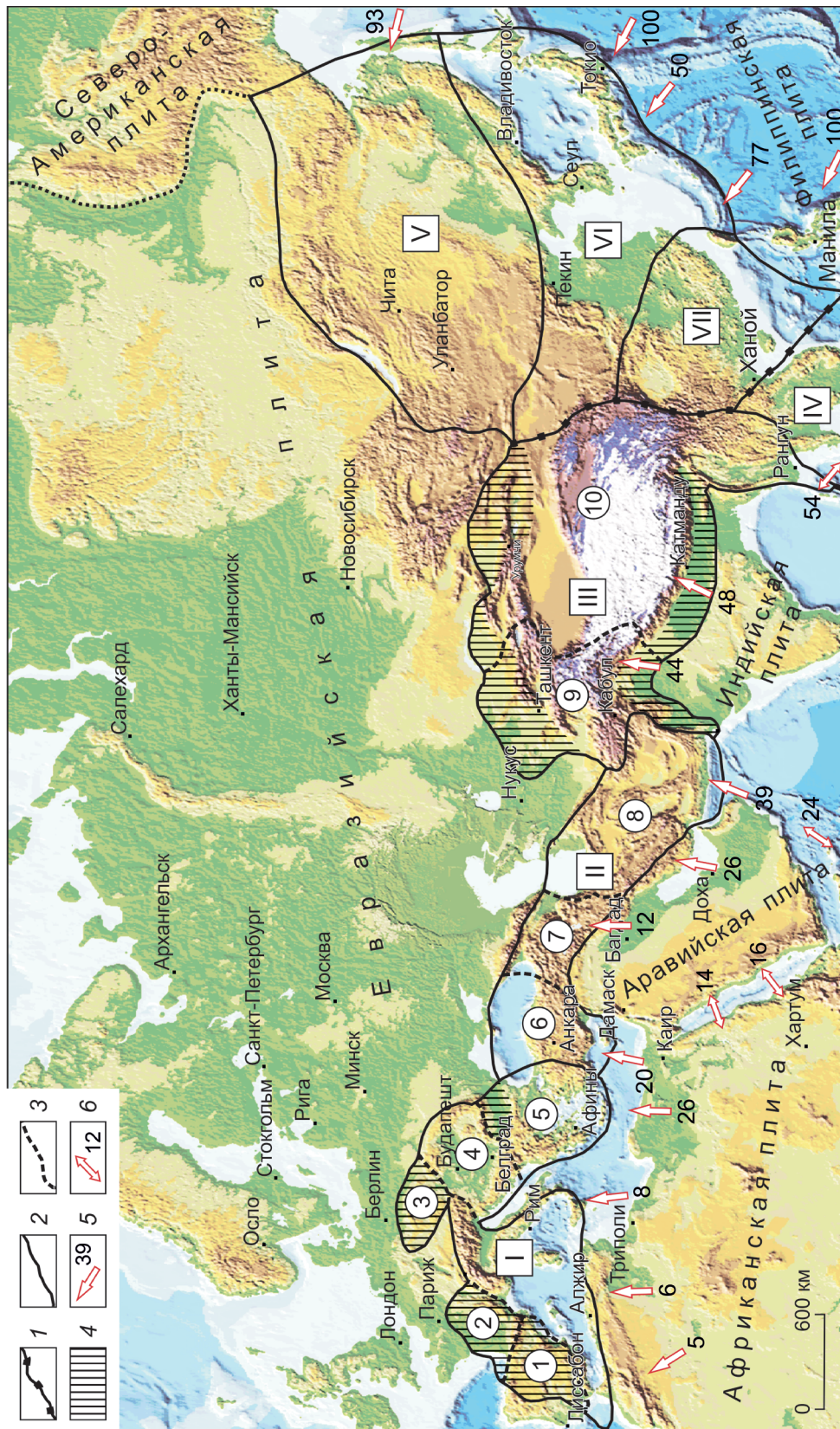


Рис. 1. Схема металлогенического районирования Евразии:

границы: 1 – между поясами, 2 – сегментов, 3 – секторов, 4 – области суборогена, 5 – вектор и скорость (мм/год) движения литосферных плит; 6 – ось и скорость (мм/год) спрединга; ураноносные пояса, сегменты, сектора: Альпийско-Гималайский коллизионный пояс: I – Средиземно-морской сегмент (1 – Иберийский, 2 – Южно-Французский, 3 – Богемский, 4 – сектор Карпатской дуги, 5 – Эгейский сектор), II – Аравийский сегмент (6 – Анатолийский, 7 – Кавказский, 8 – Копетдагский сектор), III – Индийский сегмент (9 – Памирский, 10 – Гималайский сектор), IV – Юго-Восточно-Азиатский сегмент; Тихоокеанский субдукционный пояс: V – Монголо-Забайкальский, VI – Северо-Китайский, VII – Южно-Китайский сегменты

континента. В его южном обрамлении размещаются урановорудные провинции и районы, включающие средние, реже крупные инфильтрационные объекты неоген-четвертичного возраста. На западе выделяются Иберийский, Центрально-Французский, Лабский, Восточно-Родопский и другие урановорудные районы, на юге Туранской плиты и во впадинах Южного Казахстана – Центрально-Кызылкумская, Сыр-Дарьинская, Чу-Сарысуйская крупные урановорудные провинции.

Для всех объектов песчаникового типа установлен ведущий рудолокализирующий фактор – наличие зоны пластового или грунтово-пластового окисления, контролирующей урановое оруденение. Для подавляющего числа месторождений предложен единый источник урана – местные области питания прилегающих горных сооружений [8, 22, 25 и др.].

Наиболее полно металлогения урана изучена в пределах Альпийско-Гималайского тектонического пояса. В нём выделены крупные сегменты, охватывающие орогенные области и примыкающие к ним суборогенные участки активизированных платформ (рис. 1).

Средиземноморский сегмент. С конца миоцена в плиоцене началась субдукция Африканской плиты на западном окончании Евразийского континента. В итоге сформировалась орогенная область шириной от 300 до 700 км, преобразовавшая южную часть Западно-Европейской эпипалеозойской платформы. Орогенная область на территории Европы отличается сложным сочетанием вертикально сжатых пакетов горных пород с полого надвинутыми шарьяжами и чешуями типа Альпид и Карпатской дуги. Сегмент разделяется на орогенную и суборогенную области. Орогенная область занимает сравнительно небольшую площадь на крайнем юге складчатого пояса. В нём обычно выделяется зона форланда с шарьяжами и надвигами, нередко сложенная в передовой области красноцветной молассой. Под суборогеном в сегменте нами подразумевается слабо активизированная часть Западно-Европейской эпипалеозойской платформы. В него входят Центрально-Французский и Чешский срединные массивы.

С новейшим этапом орогении связаны два типа инфильтрационных месторождений. Первый, широко распространённый в пределах Центрально-Французского массива (Грезю, Сен-Пьер и др.), образовался в небольших палеодолинах, где источником металла служили местные области питания, второй (Гамр, Кёнигштайн и др.) – оформился в сложной структурной обстановке в пределах небольшого северо-западного блока – Чешского срединного массива, где в грабенах возникли ОБ, заполненные мезозойскими и кайнозойскими осадками.

Рудоформирующая зона пластового окисления (ЗПО) неоген-четвертичного времени на границе выклинивания маркируется зоной обеления. Процесс инфильтрационного рудообразования осложнён интенсивным проявлением третичного вулканизма и внедрением термальных вод. В урановых рудах, помимо стандартных спутников, присутствуют экзотичные элементы – Zr, Ni, Ti и др. [11, 24]. Источник металла достоверно не установлен. Возможно, уран поступал в верхнюю часть континентальной коры с эффузивами. В коре выветривания он попадал в область питания кислородсодержащих подземных вод, которые извлекали его из эффузивов и перемещали к восстановительному геохимическому барьеру.

В это время на западе коллизионного пояса в Иберийском секторе происходило перераспределение гидротермального уранового оруденения инфильтрационными водами с образованием экзогенных рудных залежей вблизи известных рудных полей [3]. На севере Эгейского сектора в миоцен-плиоценовых молассах предгорных и аллювиальных равнин на территории Болгарии известны мелкие инфильтрационные урановые месторождения (Мудрец, Момино, Хасково и др.).

В пределах Средиземноморского сегмента довольно четко наметилась металлогеническая последовательность. Здесь широко проявилась пермская урановорудная эпоха – время образования на большой площади стратиформных месторождений урана Бихорского типа, генезис которого остается дискуссионным. В мезозойско-кайнозойском периоде (начальный

этап субдукции) сформировались мелкие, реже средние месторождения (Pb, Zn, As, CaF₂ и др.), которые нередко сопрягаются с небольшими гранитоидными интрузиями. Позднее появились небольшие инфильтрационные месторождения (Грезио и др.) во впадинах Французского массива в пределах суборогена. Месторождения Гамр и Кёнигштайн, связанные с эффузивами Чешского массива в краевой части суборогена, завершали металлогеническую эволюцию Европейского участка Западно-Европейской платформы, обусловленную субдукцией Африканской плиты [11, 29 и др.].

Аравийский сегмент. Субдукция Аравийской плиты под южную часть Евразийской обусловила формирование орогенного пояса шириной около 500 км, захватившего территорию Ирана, Турции и Кавказа. Он разделён нами на три сектора – Анатолийский, Кавказский и Копетдагский (см. рис. 1).

Начало интенсивной орогенизации датируется олигоценом. Отличительная особенность сегмента – площадное развитие в регионе продуктов вулканической деятельности. Молодые эффузивные излияния проявлены от Закавказья (Армянское нагорье) до Большого Кавказа включительно. Вторая особенность, повлиявшая на металлогению региона, – протяжённый узкий трог, который в раннем миоцене располагался на месте Кавказского хребта. Последний возник на месте трога в позднем миоцене вместе с молодыми вулканами (Эльбрус, Казбек). Третья особенность Кавказского региона – высокая нефтеносность [1]. Кавказский сектор оказался практически безрудным по урану. Многолетние поиски привели к открытию двух небольших гидротермальных месторождений урана (Бык и Бештау) во внешней части орогенной области Большого Кавказа.

В пределах суборогена на восточном склоне Ставропольского свода в молодых отложениях палео-Дона обнаружены слабо развитые зоны грунтово-пластового окисления (Балковское).

В итоге вырисовывается следующий неполный металлогенический ряд: крупные скопления углеводородов в Персидском заливе, Ираке, Иране, Северо-Каспийской впадине; эндогенные месторождения Cu, Mo, Co, Au, Mn и др.

в орогенной области и гидротермальные урановые на её внешнем фронте; титан-циркониевые россыпи и скопления углеводородов (Северо-Кавказский бассейн) – область суборогена в Предкавказье.

В Копетдагском секторе инфильтрационный процесс практически не проявился, ибо область суборогена почти отсутствует. В результате субдукции Аравийской плиты сформировались орогенная область Загроса, высокое Иранское нагорье и на северо-востоке – передовые хребты Копет-Дага высотой до 3000 м. Граница между передовыми хребтами и выровненной частью Скифско-Туранской плиты выражена довольно резким уступом. В осадочном чехле плиты, в предгорном прогибе, признаков развития зон пластового окисления выявлено не было.

Индийский сегмент – самый продуктивный по урану в протяжённом поясе Тетис. Интенсивность его орогенизации превзошла все подобные процессы на земном шаре. Коллизия Индийской плиты переработала на расстояние >1500 км вглубь Евразийскую плиту и дифференцировала орогенную область по вертикали на горсты до +9000 м и грабены до -15 000 м.

Сегмент разделён на Памирский и Гималайский сектора, различающиеся по структурным особенностям и масштабу рудоносности. В нём нами выделены металлогенические зоны, контролирующие ролловые месторождения урана (рис. 2) [5].

Центрально-Кызылкумская металлогеническая зона приурочена к области суборогена, где локальные ЗПО развиваются в меловых и палеогеновых отложениях в пределах малых осадочных бассейнов от небольших горст-антиклинальных поднятий. Все локальные рудоконтролирующие ЗПО являются составной частью прерывистой «ныряющей» в фундамент протяжённой ЗПО, которая прослеживается на расстоянии 500 км при ширине 40–60 км от региональной области питания (Тянь-Шань) к региональному очагу разгрузки (Аральское море). Большую роль в локализации потоков напорных кислородсодержащих ураноносных вод играют разломы северо-западного направления. Урановые месторождения роллового типа размещаются на всём протяжении области

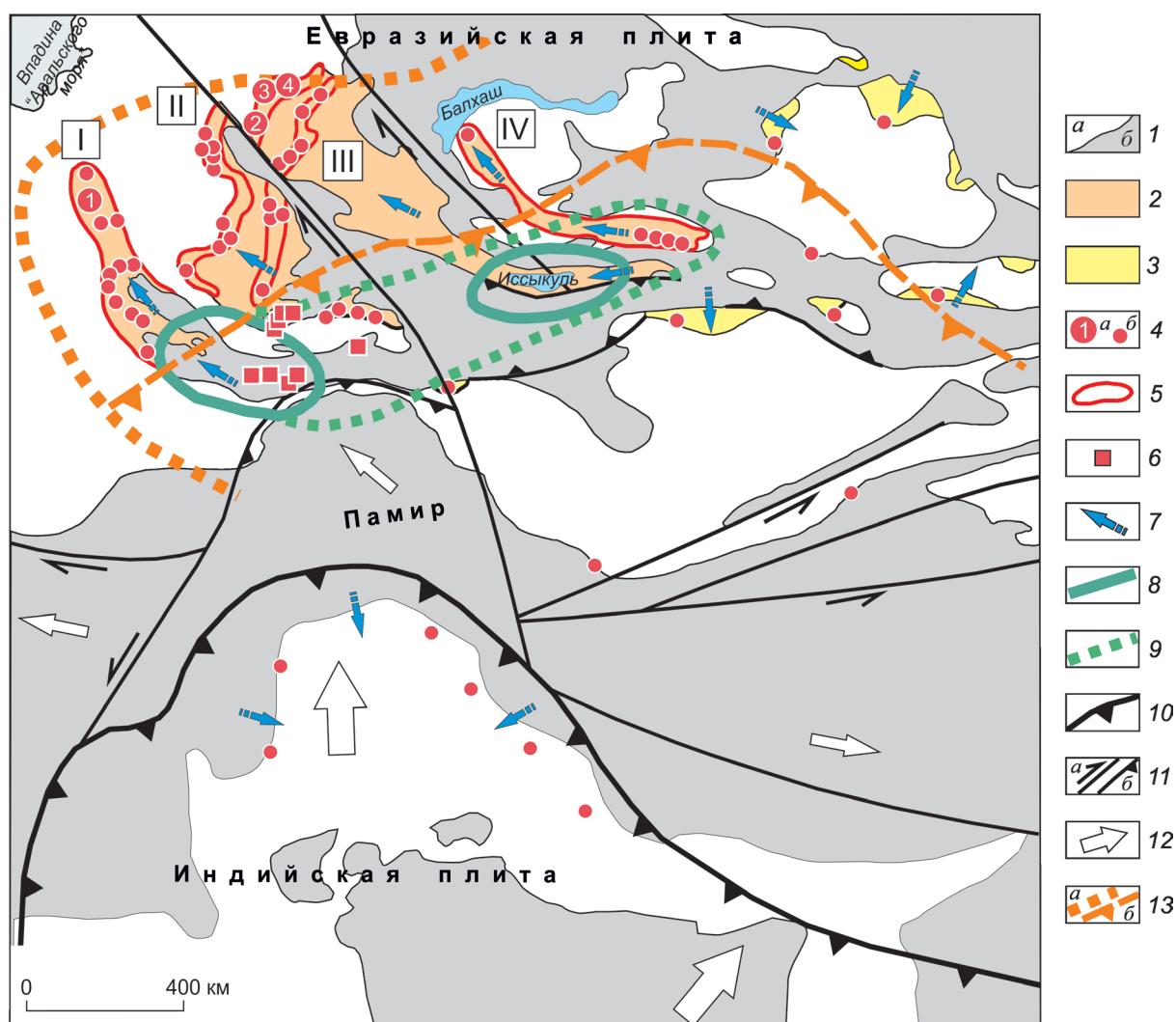


Рис. 2. Ураноносность Индийского сегмента:

1 – область распространения (а – осадочных бассейнов, б – пород фундамента); 2 – области развития региональных зон пластового окисления; 3 – локальные зоны пластового и грунтово-пластового окисления; 4 – ролловые урановые месторождения: а – гиганты (1 – Учкудук, 2 – Будёновское, 3 – Инкай, 4 – Мынкудук), б – мелкие, средние, крупные; 5 – металлогенические зоны (I – Центрально-Кызылкумская, II – Мынкудук-Карамурун-Карактауская, III – Канжуган-Чаянская, IV – Джегестай-Илийская); б – эндогенные урановые месторождения Тяньшаньской орогенной области; 7 – основные направления движения кислородсодержащих ураноносных вод; области концентрации мантийного урана: 8 – относительно достоверная, 9 – предполагаемая; 10 – сuture; 11 – тектонические нарушения (а – сдвиги, б – надвиги); 12 – основные направления геодинамических напряжений; 13 – северная граница области активизированной части платформ (а – субороген, б – ороген)

транзита, причём гигант данного типа – Учкудук – наиболее удалён от региональной области питания.

Мынкудук-Карамурун-Карактауская металлогеническая зона также находится в пределах суборогена (активизированной части Туран-

ской плиты) в Чу-Сарысуйском и Сырдарьинском ОБ. Основное её отличие от предыдущей зоны состоит в отсутствии скоплений урана в области транзита. Ролловые месторождения локализуются в меловых отложениях, при этом месторождения-гиганты (Мынкудук, Инкай, Бу-

дённовское) располагаются только на удалении от региональной области питания (до 200 км) на выклинивании многоярусной региональной ЗПО в сероцветных отложениях палеоруслар. Сарысу (в пределах Чу-Сарысуйского ОБ). Кислородсодержащие ураноносные воды, пройдя насквозь пёстроцветные отложения аллювиальной равнины, подошли сбоку к палеоруслу на большом по протяжённости участке (300 км), что определило в какой-то мере уникальные масштабы уранового оруденения. Длина металлогенической зоны ~1000 км. Крупные ролловые месторождения отмечаются и в области замещения отложений аллювиальной равнины прибрежно-морскими (в Сырдарьинском ОБ).

Канжуган-Чаянская металлогеническая зона, прослеженная в палеогеновых отложениях, является полным аналогом вышеописанной, но отличается от неё меньшей протяжённостью (400 км) и более скромными масштабами оруденения (мелкие, средние и крупные месторождения). Рассмотренные выше металлогенические зоны объединены в Притяньшаньскую металлогеническую мегапровинцию в пределах суборогенной области.

Джегестай-Илийская металлогеническая зона приурочена к юрским отложениям Илийской палеодолины. Последняя прослежена в пределах межгорного Илийского ОБ (ороген) и в Балхашском ОБ (субороген). Особенность её заключается в том, что большая часть выявленных уран-угольных и урановых месторождений на протяжении 300 км размещается в южном борту Илийской впадины в пределах орогена.

Выделенные металлогенические зоны при всём своеобразии каждой из них роднит приуроченность самых крупных и уникальных месторождений-гигантов к суборогену, где они тяготеют к участкам, наиболее удалённым от орогена.

Очевидно, что коллизионная модель развития Индийского сегмента – единственная, отвечающая существующей геодинамической обстановке в регионе. Она была рассмотрена на основе серии палеотектонических схем для новейшего этапа развития региона [14]. Из неё следует, что Памирский «клин» – итог длительной коллизии Индийской плиты, наступающей на Евразийскую [27]. Все ролловые место-

рождения-гиганты располагаются в пределах суборогенной (активизированной) части прилегающей Туранской платформы и южного борта Казахского «щита». Нами показано, что основным транспортёром урана к ролловым месторождениям-гигантам в области транзита сначала были поверхностные и грунтовые, а затем пластовые воды, берущие начало в Северном и Среднем Тянь-Шане в зоне максимального коллизионного стресса.

Очевидна тесная пространственная и парагенетическая связь области питания ураноносных вод, сформировавших ролловые гиганты, с наиболее активно наступающим участком Индийской плиты – Памирским «клином». Из рис. 2 видно, что самые продуктивные металлогенические зоны (I–III) начинаются от предполагаемой области скопления мантийного урана, на замыкании которых располагаются месторождения-гиганты.

Гималайский сектор характеризуется более сложным геологическим строением по сравнению с Памирским. Одна из нерешённых проблем, касающихся сектора, – причины его незначительной ураноносности. Самые заметные концентрации урана выявлены в пределах глубокой Турфанской впадины, где ролловое месторождение Шахунтань вытянулось вдоль её южного борта [34]. Отсутствие крупных месторождений урана объясняется интенсивным продвижением на северо-восток границы орогенной области в неоген-четвертичный период, что обуславливало частую смену областей питания, активную миграцию углеводородов, дефицит региональных устойчивых очагов разгрузки. Это затрудняло широкое развитие рудоформирующих ЗПО.

Затрагивая вопросы металлогении и связи месторождений полезных ископаемых с интрузивными и вулканогенными комплексами, следует подчеркнуть слабую проявленность молодой эффузивной деятельности в пределах Индийского сегмента. Если учесть тесную пространственную связь инфильтрационных урановых месторождений с молодыми эффузивами во многих других сегментах Евразийского континента, то перед исследователями встаёт непростая задача – объяснить, как уран из области астеносферы перемещал-

ся в верхнюю часть континентальной литосферы.

В горных отрогах Тянь-Шаня известны небольшие гидротермальные урановые месторождения (Табошар, Чаули, Адрасман и др.), связанные с гранитными интрузиями герцинского возраста. Они были отработаны ещё в середине XX в., как уран-угольные (Тура-Кавак, Джильское) и инфильтрационные урановые месторождения в карбонатных породах (Майли-Сай, Шакоптар и др.), расположенные в прилегающих ОБ. Чтобы выяснить, каким образом уран оказался в верхней приповерхностной части континентальной литосферы и затем был вовлечён в миграцию с грунтовыми и поверхностными водами, необходимо восстановить ход геодинамических процессов в новейшее время.

Ранее нами рассматривался гидрогенный урановый рудогенез региона в отдельные отрезки времени новейшей истории [5]. В результате построения серии палеогидрогеологических схем на палеотектонической основе были выделены три основные фазы развития коллизии и связанного с ней уранового рудогенеза: конец эоцена – начало олигоцена, поздний олигоцен – ранний и средний миоцен, поздний миоцен – ранний плиоцен. Естественно, в процессе коллизии происходит резкая активизация (джампинг) субдукцирующего слэба и астеносферы.

Данные последних лет дают возможность признать правомочность воззрений И.И.Абрамовича на теоретическое поступление урана в верхнюю оболочку земной коры с рудными растворами, накапливающимися на астеносферном уровне в глубоких тылах субдукционных зон [2]. То, что уран, преодолевший путь через континентальную кору, далее совершал продолжительное движение (до 800 км) от выхода на поверхность до конечного места своего пребывания – осаднения на геохимическом барьере на выклинивании зон пластового окисления крупных и уникальных месторождений, для нас бесспорно [4, 5].

Следует отметить, что промышленные месторождения урана в области хинтерланда выявлены только в северном обрамлении Индостана. Здесь создались предпосылки для обра-

зования в толще неоген-четвертичных ОБ рудоносных зон грунтового и пластового окисления [30].

Высокий металлогенический потенциал меридионального Тихоокеанского рудного пояса обусловлен мезозойско-кайнозойской субдукцией Тихоокеанской плиты. Этот процесс затронул тектонические блоки Евразийского континента на глубину от 500 до 1500 км.

Нами использована геодинамическая модель Л.М.Парфёнова с соавторами [13], обосновывающими формирование орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии коллизией Тихоокеанской плиты. Восточная часть Евразийского континента состоит из крупных блоков, которые по-разному развивались в архее – палеозое и с начала мезозоя до настоящего времени испытывают субдукцию Тихоокеанской плиты. С севера на юг выделяются следующие блоки: Сибирская платформа (чехол), фундамент Сибирской платформы (Алданский щит), Урало-Монгольский палеозойский складчатый пояс (включая Забайкалье), Северо-Китайская платформа (включая Сино-Корейский кратон), Южно-Китайская платформа.

В результате мезозойско-кайнозойской субдукции Тихоокеанской плиты упомянутые блоки подверглись коренной переработке с образованием многочисленных месторождений (Fe, Au, Cu, Mo, Sn, W и др.) в ряде рудных провинций [16, 18, 20]. Все они объединяются в протяжённый меридиональный Тихоокеанский рудный пояс, выделенный С.С.Смирновым в 1946 г. В пределах пояса намечается зональность в распределении рудных месторождений. К восточному краю тяготеют месторождения Au, Sn, W, Fe и других полезных ископаемых. Объекты мезозойского возраста часто локализуются вблизи границ сочленения древних тектонических блоков. Месторождения урана располагаются в западной части (рис. 3).

В тыловой (восточной) части пояса в пределах Японских островов и юга Корейского полуострова установлены незначительные по величине месторождения урана (Нинге-Тогэ, Тоно, Огүни и др.) в небольших грабенообразных тектонических структурах, выполненных грубозернистыми русловыми и озёрными отложениями мелового и миоцен-плиоценового

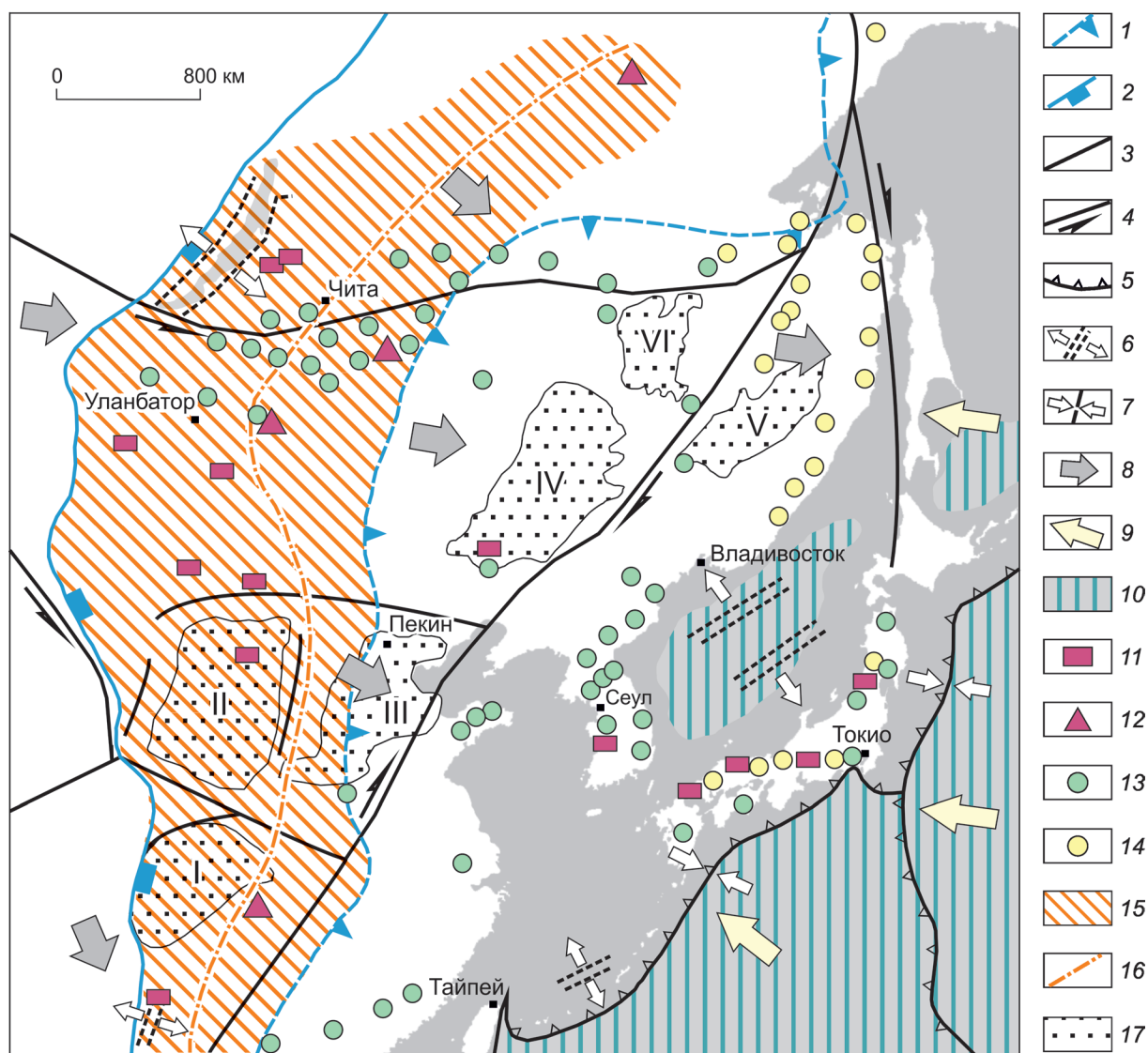


Рис. 3. Ураноносность Тихоокеанского субдукционного пояса:

внешние границы: 1 – активной континентальной окраины, переработанной в мезозойско-кайнозойское время процессами коллизии и субдукции, 2 – проявления процессов субдукции, сопровождающихся «молодым» вулканизмом; 3 – основные разломы; 4 – сдвиги; 5 – зоны субдукции; 6 – области растяжения; 7 – области сжатия; направления движения крупных литосферных блоков: 8 – Евразийской плиты, 9 – Тихоокеанской плиты; 10 – океаническая кора; урановорудные районы и месторождения: 11 – песчаниковые, 12 – эндогенные рудные узлы; месторождения других полезных ископаемых, по [18]: 13 – мелового возраста, 14 – кайнозойского возраста; 15 – Байкало-Южно-Китайский урановорудный пояс; 16 – граница проявления экзогенного и эндогенного уранового рудогенеза; 17 – основные осадочные бассейны (I – Сычуаньский, II – Ордосский, III – Северо-Китайский, IV – Сунляо, V – Среднеамурский, VI – Амуро-Зейский)

возрастов. Руды формировались грунтовыми водами [30].

Широкий фронт в области затухающих процессов субдукции выделен нами как *Байкало-Южно-Китайский урановорудный пояс*, кото-

рый можно считать внешней составной частью Тихоокеанского рудного пояса. Его западная граница фиксируется как по геофизическим, так и по металлогеническим данным. Он пересекает крупные тектонические структуры (фунда-

мент Сибирской платформы, Центрально-Азиатский орогенный пояс, Сино-Корейский кратон, Южно-Китайскую платформу) с разной историей развития, что определило его дискретность и проявление различных типов гидрогенного уранового оруденения в отдельных блоках, а также близширотные вулкано-тектонические структуры, контролирующие эндогенное урановое оруденение Стрельцовского типа мезозойского возраста. Выделение урановорудного пояса подтверждено анализом структурных построений многих исследователей и обосновывается нашими металлогеническими работами [6, 7, 12, 15, 16, 18–21, 23 и др.].

В ходе субдукции восточная часть Евразийской плиты претерпела существенные изменения. В пределах активизированной части выделяются области с режимом внутриконтинентального рифтогенеза и пассивной окраины. К первой из них (к внутренней части пояса) тяготеют эндогенные месторождения Алданской, Стрельцовой, Дорнотской и Сианшаньской кальдер, связанные с вулкано-тектоническими структурами мезозойского возраста. На внешнем (западном) фронте пояса в тех же районах преобладают гидрогенные урановые месторождения кайнозойского возраста в тесной пространственной связи с молодыми покровами базальтов. Эти покровы (плюмы, выделенные Ю.А.Зориным и др. [7]) фиксируют западную границу проявления субдукции на востоке Евразийского континента и подтверждают западную меридиональную границу Байкало-Южно-Китайского урановорудного пояса. Приведённый материал позволяет предполагать тесную пространственную связь глубинных геодинамических процессов в мезозойско-кайнозойскую эру с размещением урановых месторождений.

Намечается отчётливая сепарация металлов в поперечном сечении пояса. В его внутренней части уран сопрягается с Au (Алданская кальдера), Mo, Pb-Zn, CaF₂ (Стрельцовская кальдера), Pb, Zn, W, Mo, Au, CaF₂ (Дорнотская кальдера), Mo, Ti, CaF₂ (Сианшаньская кальдера) [19, 21, 23, 30 и др.]. На внешнем фронте уран чаще всего обособлен от других металлов, что объясняется, по-видимому, его более высокой подвижностью.

К западу, в области затухания пассивной окраины континентального блока, интенсивно проявился базальтовый магматизм, с которым пространственно связаны инфильтрационные месторождения урана в Забайкалье (Витимский район), Монголии (рудоявление Сул и др.) и на западном окончании Южно-Китайской платформы (Юньнань). Все упомянутые объекты перекрыты четвертичными базальтами. В пределах чехла Сино-Корейского кратона в Ордосской впадине и Эрленской депрессии Китая выявлены инфильтрационные месторождения урана вне связи с молодым вулканизмом. Вероятнее всего, большая их часть сформировалась от местных областей питания [32, 34].

Подчеркнём главную металлогеническую особенность региона. Только субдукцией Тихоокеанской плиты обусловлен полный набор металлогенических зон в направлении от глубокого тыла субдукционного пояса в сторону его внешнего затухающего фронта.

Краевая часть Евразийского континента разделена нами на ряд сегментов (см. рис. 1), каждый из которых характеризуется своей металлогенической специализацией, обусловленной процессами коллизии и субдукции.

В трёх структурах – Средиземноморский и Индийский сегменты и Тихоокеанский пояс – инфильтрационные урановые месторождения оказались на внешнем затухающем коллизионном фронте и расположились в пределах области суборогена. Уникальные по масштабам инфильтрационные месторождения Чу-Сарысуйской и Центрально-Кызылкумской провинций в пределах Индийского сегмента, возможно, имеют внешний источник урана, удалённый от места локализации оруденения на расстояние от 500 до 800 км. Уран как самый подвижный элемент в названных сегментах продвинут дальше всех металлов в процессе орогенизации территории. При этом нами не отрицается реальное существование процесса выноса урана из местных областей питания.

Наиболее полная металлогеническая зональность проявилась на затухающем фронте Тихоокеанского пояса. Изложенное свидетельствует о существовании зональности в размещении рудных месторождений. На востоке преобладают эндогенные месторождения (Fe, Au,

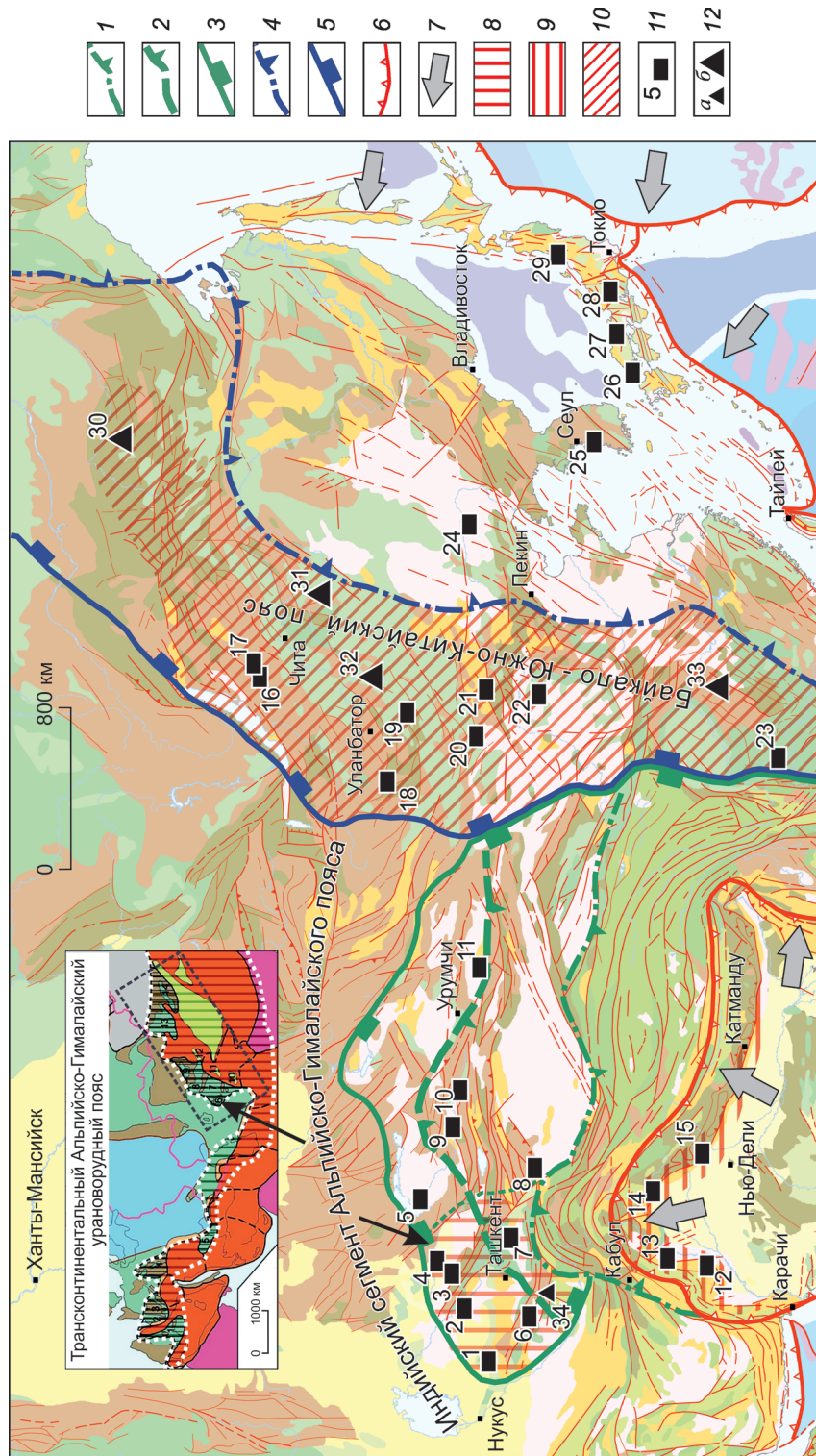


Рис. 4. Урановорудные регионы Восточной и Центральной Азии:

внешние границы: 1 – Альпийско-Гималайской мезозойско-кайнозойской коллизионной области (ороген), 2 – Тяньшаньской палеозой-кайнозойской коллизионной области (ороген), 3 – проявления мезозойско-кайнозойской коллизии (субороген), 4 – активной континентальной окраины, переработанной в мезозойско-кайнозойское время процессами коллизии и субдукции, 5 – проявления процессов субдукции, сопровождающихся «молодым» вулканизмом; 6 – зоны субдукции; 7 – основные направления движения крупных литосферных блоков; урановорудные регионы: 8 – Притяньшаньская урановорудная мегапровинция, 9 – Севаликская (Северо-Индийская) урановорудная провинция, 10 – Байкало-Южно-Китайский урановорудный пояс; урановорудные месторождения: 11 – песчанниковые (1 – Учкудук, 2 – Будёновское, 3 – Инкай, 4 – Мынкудук, 5 – Илийское, 6 – Сабырсай, 7 – Майли-Сай, 8 – Башибулак, 9 – Кольджат, 10 – Кутертен, 11 – Шахунтань, 12 – Багхал-Чур, 13 – Кабул-Хель, 14 – Малер, Джамму, 15 – Муссори, 16 – Хиагдинское, 17 – Имское, 18 – Сул, 19 – Харат, 20 – Хайран, 21 – Нухотин, 22 – Дуншен, 23 – Юньнань, 24 – Хулихэ, 25 – Гонджи-Осеон, 26 – Тойода, 27 – Нингё-Тога, 28 – Тоно, 29 – Огуни), 12 – эндогенные рудные узлы: а – мелкие, б – крупные (30 – Эльконский, 31 – Стрельцовский, 32 – Дорнотский, 33 – Сианьшаньский, 34 – Юго-Западно-Тяньшаньский)

Cu, Mo, Sn, W) мезозойского и кайнозойского возрастов. Частично они расположены вблизи границ сочленения древних тектонических блоков. Западнее прослеживается меридиональная полоса эндогенных урановых месторождений, связанных с вулканогенно-тектоническими структурами кальдерного типа. На крайнем западе выделяется урановорудный пояс, контролирующий положение инфильтрационных урановых месторождений, пространственно тяготеющих к областям проявления базальтового магматизма.

Разные металлогеническая специализация и масштаб проявления гидрогенного рудного процесса в пределах Тихоокеанского пояса и Индийского сегмента Альпийско-Гималайского пояса, которые сформировались в результате сходных мезозойско-кайнозойских глобальных геодинамических процессов, определяются рядом причин. Уран на внешнем фронте затухающих геодинамических процессов (в пределах суборогена) оказался в различных структурных, литолого-фациальных и гидрогеологических обстановках. В пределах Байкало-Южно-Китайского пояса он концентрировался в ограниченных по площади палеодолинах, впадинах и депрессиях. Месторождения при этом часто пространственно и по возрасту сопрягаются с покровами молодых базальтов. В тыловых частях пояса образуются крупные эндогенные месторождения урана в локальных структурных блоках (кальдерах). Масштабы объектов песчаникового типа в пределах пояса пока не превышают средних, но значительное их количество позволяет предполагать высокие перспективы данной протяжённой структуры.

Месторождения урана в Индийском сегменте (Памирском секторе) локализуются в обширных впадинах суборогенного типа и крупных протяжённых палеодолинах в приорогенных артезианских бассейнах с проточным режимом. Характерны слабое проявление молодой вулканической деятельности в районе и возникновение незначительных по масштабам эндогенных урановых месторождений в тыловых частях провинции (Горном Тянь-Шане).

В южном обрамлении Евразийского континента (область коллизии Индийской плиты) нами отмечается принципиальное сходство в

положении инфильтрационных урановых месторождений Притяньшаньской мегапровинции и Байкало-Южно-Китайского урановорудного пояса – составной части Тихоокеанского металлогенического пояса. В обоих случаях они тяготеют к области затухания геодинамических процессов. Вблизи области соприкосновения коллизионных плит размещаются эндогенные урановые объекты. Их масштабы, как и экзогенных, на юге и востоке Евразийской плиты заметно разнятся (рис. 4).

Масштаб инфильтрационных месторождений Притяньшаньской мегапровинции на порядок больше месторождений Байкало-Южно-Китайского пояса. Это объясняется наличием широких областей транзита и многоярусных геохимических барьеров, благоприятных для локализации урана из кислородсодержащих ураноносных вод, перемещающихся через меловые и палеогеновые отложения Туранской плиты и крупные впадины Южного Казахстана. Однако эндогенные урановые месторождения Тянь-Шаня значительно уступают по масштабу крупным урановым объектам мезозойского возраста Тихоокеанского рудного пояса.

Приведённый материал свидетельствует о тесной пространственной связи части инфильтрационных урановых месторождений с эндогенными, приуроченными к вулканогенно-тектоническим структурам. И те и другие типы урановых объектов укладываются в единую рудную металлогеническую зональность, которая обусловлена глобальными геодинамическими процессами, протекающими в коре и мантии в краевых частях Евразийского континента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *400 миллионов лет геологической истории южной части Восточной Европы*. Пер. с англ. / Под ред. В.И.Смирнова. – М.: Геокарт, 2004.
2. *Абрамович И.И.* Глубинная геодинамика и металлогения урана. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2004.
3. *Геология, геохимия, минералогия и методы оценки месторождений урана* / Под ред. Н.В.Межеловского, А.Ф.Морозова, А.М.Никишина – М.: Мир, 1988.
4. *Грушевой Г.В., Печенкин И.Г.* Металлогеническое районирование осадочных бассейнов Центральной Азии как предпосылка для прогнозирования

- ния ролловых урановых месторождений-гигантов // Региональная геология и металлогения. 2003. № 18. С. 63–73.
5. *Грушевой Г.В., Печенкин И.Г.* Металлогения ураноносных осадочных бассейнов Центральной Азии. – М.: ВИМС, 2003.
6. *Казанский В.И.* Урановые месторождения азиатской части Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 4. С. 303–316.
7. *Кайнозойские* верхнемантийные плюмы в Восточной Сибири и Центральной Монголии и субдукция Тихоокеанской плиты / Ю.А.Зорин, Е.Х.Туртанов, В.М.Кожевников и др. // Докл. РАН. 2006. Т. 409. № 2. С. 217–221.
8. *Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н.* Гидрогенное рудообразование. – М.: Геоинформмарк, 2000.
9. *Ковалев А.А.* Новая парадигма минерации. – М.: Изд-во МГУ, 2010.
10. *Ковалев А.А., Ушаков С.А.* Тектоника плит и полезные ископаемые Катазии (Юго-Восточный Китай). – М.: Изд-во МГУ, 2002.
11. *Лаверов Н.П., Смирнов А.О., Шумилин М.В.* Зарубежные месторождения урана. – М.: Недра, 1983.
12. *Миронов Ю.Б., Грушевой Г.В., Печенкин И.Г.* Связь металлогении урана с новейшими геодинамическими процессами на востоке Евразийского континента // Региональная геология и металлогения. 2008. № 34. С. 79–91.
13. *Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И.* Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.
14. *Печенкин И.Г.* Металлогения Туранской плиты. – М.: ВИМС, 2003.
15. *Печенкин И.Г., Грушевой Г.В.* Положение инфильтрационных урановых месторождений в пределах Тихоокеанского рудного пояса // Сб. II международный симпозиум. Уран: ресурсы и производство. М., 2009. С. 262–264.
16. *Региональная металлогения Центральной Азии* / Гл. ред. О.В.Петров, Дун Шувен. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012.
17. *Старостин В.И., Сорохтин О.Г., Сакия Д.Р.* Развитие Земли и образование месторождений полезных ископаемых. – М.: МАКС Пресс, 2010.
18. *Структурно-магматическая зональность и металлогения западной части Тихоокеанского пояса* / Л.П.Зоненшайн, М.И.Кузьмин, В.И.Коваленко и др. // Геотектоника. 1973. № 5. С. 3–21.
19. *Тектоника, глубинное строение и минерация Приамурья и сопредельных территорий* / Отв. ред. Г.А.Шатков, А.С.Вольский. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004.
20. *Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центральноазиатского и Тихоокеанского поясов. Объяснительная записка к Тектонической карте м-ба 1:1 500 000.* – Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2005.
21. *Урановые месторождения в вулcano-тектонических структурах* / Л.П.Ищукова, А.А.Ашихмин, А.К.Константинов и др. – М.: ВИМС, 2005.
22. *Урановые месторождения Казахстана (экзогенные)* / Н.Н.Петров, Б.Р.Берикболов, Х.В.Аубакиров и др. – Алматы, 2008.
23. *Урановые месторождения Монголии* / Под ред. Ю.Б.Миронова, Ю.М.Шувалова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2009.
24. *Урановые месторождения Чехословакии* / Ю.А.Арапов, В.Е.Бойцов, Г.А.Кремчуков и др. – М.: Недра, 1984.
25. *Учкудукский тип урановых месторождений* / Х.К.Каримов, Н.С.Бобоноров, К.Г.Бровин и др. – Ташкент: Фан, 1996.
26. *Феокистов В.П., Иогансон А.К., Неклюдов А.Г.* Металлогения осадочных бассейнов. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1997.
27. *Active faulting in the northeastern Pamir, NW China* / Bihong Fu, Aiming Lin, Kenichi Kano et al. // Xinjiang Geology. 2003. Vol. 21. № 1. P. 1–8.
28. *Everhart D.L.* Tectonic settings of the world's sandstone-type uranium deposits // Geological environments of sandstone-type uranium deposits. Report of the working group on uranium geology organized by the IAEA. Vienna, 1985. P. 21–46.
29. *Formation of Uranium Ore Deposits* // Proceedings of Symposium Athens 6–10 May 1974. IAEA. Vienna, 1974.
30. *Franz J. Dahlkamp.* Uranium Deposits of the World: Asia. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
31. *Gabelman J.W.* Metallotectonic control of uranium distribution // Uranium exploration geology. Proceedings of panel, Vienna, 13–17 April 1970. IAEA. Vienna, 1970. P. 187–204.

32. *Metallogenic characteristics and model of Dongsheng uranium deposit in Ordos basin, North China* / Xiang Weidong, Fang Hiheng, Li Tiangang et al. // *Uranium Geology*. 2006. Vol. 22. № 5. P. 257–266.
33. Mitchell A.H.G., Garson M.S. *Mineral Deposits and Global Tectonic Settings*. Academic Press, London, 1981.
34. *Sandstone-type Uranium Deposits in China: Geology and Exploration Techniques* / Bureau of Geology, CNNC. Beijing: Atomic Energy Press, 2002.
- Печенкин Игорь Гертурдович,
доктор геолого-минералогических наук
pechenkin@vims-geo.ru

RELATION OF U METALLOGENY TO GEODYNAMIC PROCESSES IN EURASIAN MARGINAL PARTS

I.G.Pechenkin

The paper substantiates the concept that metallogenic specialization of Eurasian sedimentary basins is caused by plate collision and subduction, Mesozoic and Cenozoic processes that spread into southern and eastern parts of the Eurasian plate. The resultant lateral zonality is specific to any large blocks of the Earth's crust localizing sedimentary basins with host U deposits primarily confined to the outer collision front.

Key words: Eurasia, metallogeny, sedimentary basin, U deposits, collision, subduction.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ»

1. Статьи направляются на e-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru.
2. К тексту прилагаются документы: письмо (разрешение на опубликование) руководителя учреждения, экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати, сведения об авторе (авторах) – имя, отчество, фамилия, место работы, должность, учёная степень, учёное звание, телефон, e-mail. В конце статьи ставятся подписи всех авторов.
3. Обязательно наличие УДК, аннотации (5–7 предложений) и ключевых слов на русском и английском языках.
4. Максимальный объём статьи – 20 страниц в редакторе MS Word, включая таблицы, графику, список литературы. Таблицы и рисунки помещаются в отдельные файлы (их максимальный размер 23×16 см).
5. Для набора математических формул рекомендуется использовать MS Equation 3.0. Все используемые символы, сокращения и аббревиатуры необходимо расшифровать. Десятичный символ – запятая (0,47); между цифрами – тире без пробелов (5–10); кавычки – «ёлочки».
6. Иллюстративные материалы (не более 5–7) представляются в цветном или черно-белом варианте в одном из следующих форматов: CDR для векторной графики, JPG, BMP, TIFF для фотографий, диаграмма MS Excel. Подрисовочные подписи прилагаются на отдельной странице после списка литературы.
7. Список литературы приводится в конце статьи и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. Ссылки в тексте на источник даются соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. Неопубликованные работы в список не включаются, при необходимости на них делается ссылка в тексте, например (А.А.Иванов, Б.Б.Петров, 2003 г.).
8. Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или же намеченных к публикации в других изданиях, не допускается.