ЛИТОСФЕРА, 2016, № 1, с. 129–153

УДК 553.495(571.6)

ФАКТОРЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПРОГНОЗА УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРОТЕРОЗОЙСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ГРАБЕНАХ БУРЕИНО-ХАНКАЙСКОГО КРАТОНА (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

© 2016 г. А. М. Жирнов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН
679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4
E-mail: zhantmich@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.04.2015 г.
Принята к печати 20.11.2015 г.

Буреино-Ханкайская ураноносная провинция является одной из давно определившихся урановых провинций России. Открытие ее и первые геолого-поисковые и геологоразведочные работы на ураноносных объектах состоялись в начале 50-х гг. XX в. Это был начальный этап масштабных геологических исследований на уран, когда в короткие сроки было открыто много урановых месторождений и ураноносных районов в различных регионах СССР. В Буреино-Ханкайском регионе было выявлено три крупных ураноносных района и серия отдельных месторождений урана. Однако в связи с одновременным открытием других ураноносных районов с более богатыми рудами геологические исследования на уран в пределах рассматриваемого региона были приостановлены. Поэтому многие месторождения и рудопроявления урана остались недоразведанными или вскрытыми только с поверхности. В настоящее время проблема открытия новых промышленных месторождений в России стала вновь весьма актуальной, поскольку крупные месторождения урана в Стрельцовском районе дорабатываются, а крупные золото-урановые месторождения Эльконского района находятся в сложных географо-экономических условиях и пока не востребованы промышленностью. Таким образом, крупные ураноносные районы Буреино-Ханкайского кратона, с суммарными ресурсами урана порядка 500 тыс. т, представляют значительный интерес.

Ключевые слова: *Дальний Восток, Буреино-Ханкайский кратон, ураноносные районы, недоразведанные месторождения, значительные перспективы.*

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа выполнена в процессе разработки плановой темы о связи золотого и уранового оруденения Приамурья с протерозой-палеозойскими черносланцевыми толщами. Цель ее – выяснение главных факторов локализации промышленного оруденения и определение типовых моделей рудных тел и месторождений золота и урана в экономически освоенной территории. Научная новизна работы заключается в определении региональных и локальных факторов локализации рудных тел и месторождений, установлении золотоносности ряда урановых объектов и урановых районов и определении крупных прогнозных ресурсов урана в Буреино-Ханкайском регионе на уровне 500 тыс. т.

Крупные урановорудные районы Буреино-Ханкайского региона локализованы в протерозойских впадинах-грабенах среди более древних архейских пород, интенсивно гранитизированных в палеозое. Эти грабены выполнены, как правило, черносланцевыми и карбонатными толщами рифейского и венд-кембрийского возраста. Протерозой-палеозойские черносланцевые толщи, с повышенным содержанием углеродистого вещества, признаются сейчас одним из важнейших геолого-промышленных типов для формирования крупных и уникальных месторождений золота и урана [4, 5, 16, 33]. В Хинганской урановорудной области большое значение имеют также мезозойские вулканогенные грабены с урановыми объектами [4, 31].

За рубежом в последние 15 лет выявлены многочисленные месторождения урана в пределах хорошо известных рудных районов, преимущественно в черносланцевых толщах протерозой-палеозойского возраста. Главным методом обнаружения новых урановых объектов стало “тотальное опоискование” площадей вокруг известных месторождений” [5, с. 67]. Это обстоятельство побуждает российских исследователей более внимательно проанализировать геологические обстановки известных урановых районов, особенно открытых и предварительно изученных в начальный этап развития геолого-поисковых работ на уран и пригодных для широкого проведения геологоразведочных и эксплуатационных работ.

Буреино-Ханкайский регион находится в весьма благоприятных географо-экономических услови-

ях – вблизи железных дорог, крупных городов и поселков, т.е. на территории с хорошо развитой инфраструктурой и с большой численностью населения.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходными данными для выполнения работы послужили известные материалы по урановоносности и золотоносности Хинганской рудоносной области, относительно хорошо исследованной в геологическом плане (в том числе при участии автора), а также опубликованные работы по Синегорскому и Мельгинскому урановоносным районам. Главным методом исследования стал критический анализ степени изученности и разведанности урановых месторождений и урановорудных районов по опубликованным данным ряда работ, которые в прежние годы, как правило, не публиковались.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БУРЕИНО-ХАНКАЙСКОГО РЕГИОНА

Буреино-Ханкайский кратон – весьма специфический геологический регион России. В ранней геологической истории – это архейская складчатая структура меридионального простирания, соединявшаяся с Сибирской платформой на севере и с Северо-Китайской платформой на юге, т.е. это своеобразный "меридиональный мост" между двумя древними кратонами. В протерозое эта структура была рассечена серией северо-восточных и меридиональных прогибов-грабенов, выполненных кварцево-слюдистыми и углисто-глинистыми сланцами и графитистыми карбонатными толщами пород. Как менее консолидированный блок земной коры относительно соединяемых им древних платформ он подвергся в палеозое многократному гранитоидному магматизму и превратился в сложный полихронный гранитоидный мегаплутон. В нем лишь фрагментарно сохранились геосинклинальные и орогенные комплексы пород докембрия и палеозоя [9].

Архейские гнейсы и сланцы смяты в крутые, часто изоклинальные линейные складки. Простирание их меридиональное, реже – северо-восточное и широтное. Метаморфизм пород неравномерный – от эпидот-амфиболитовой до амфиболитовой фации [25, 29]. В отдельных случаях наибольшие изменения пород отвечают гранулитовой фации (Мельгинский и Сутарский районы). Здесь широко развиты двуслюдяные мигматизированные гнейсы и лейкократовые мелкозернистые граниты, часто с гранатом (пироп), дистеном, силлиманитом, графитом, что отвечает гранулитовой фации метаморфизма [10]. Докембрийские интрузии представлены метаморфизованными ультрамафитами, габброидами и гнейсовидными гранитами.

Нижнепротерозойские метаморфические и графитистые сланцы, кварциты и мраморы выполняют шовные прогибы-грабены, реже – изометричные структуры. Структурное положение их – согласное с архейскими складками либо секущее к простиранию археид. Интрузии этого возрастного этапа характеризуются трещинными и овальными телами диорит-гранодиоритов и гранитов.

В рифее и раннем кембрии на древнем фундаменте протерозойских впадин сформировались терригенно-карбонатные и углисто-кремнисто-глинистые сланцы, позже слабо метаморфизованные в зеленосланцевой фации [9].

Палеозой – это время проявления в регионе мощного гранитного магматизма раннепалеозойского (кивилийские, суларинские, биробиджанские и бирские гранитоиды) и позднепалеозойского (тырмо-буреинские интрузии гомодромной серии) возраста, завершившегося внедрением харинских пермотриасовых лейкократовых гранитов. В центральной части Ханкайского региона мощно проявился также среднепалеозойский эффузивный магматизм. В южной части территории широко развиты мезозой-кайнозойские эффузивные вулканиты [8, 9, 23].

К началу мезозоя регион оформился как жесткая молодая платформа и вступил в стадию сводово-глыбового развития. В меловое время сформировались наложенные вулканогенные прогибы – Кындакский, Хингано-Олонойский и др. В кайнозое образовались отдельные покровы неоген-четвертичных базальтов и глубокие грабены (до 250 м), в том числе в долинах некоторых рек (Сутара), часто угленосные.

Длительное геолого-тектоническое развитие региона способствовало формированию каркаса крупных разломов и сводово-глыбовых структур. К наиболее древним и крупным относятся меридиональные разломы по окраинам Буреино-Ханкайского кратона, представляющие собой фрагменты трансрегиональных линеаментов, а также ряд широтных разломов. В фанерозое многие разломы многократно подновлялись, возникали новые дополнительные разломы диагонального плана [11, 19, 20, 36, 38].

В пределах Буреино-Ханкайского региона установлены три крупные урановоносные структуры – Синегорский район на Ханкайском массиве, Хинганская урановоносная область на юге Буреинского массива и Мельгинский район – в центральной части Буреинского массива (рис. 1).

СИНЕГОРСКИЙ ЗОЛОТО-УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН

Синегорский рудный район находится в пределах Южно-Ханкайской урановоносной области. По плотности уранового оруденения это один из крупнейших районов России, сопоставимый с главными урановорудными районами – Стрельцовским и

Эльконским. Он был открыт и интенсивно изучался в самый ранний период геолого-поисковых работ на уран – в 1954–1965 гг. и частично в 1981–1984 гг. [31], когда еще не были известны главные факторы локализации месторождений урана. Район исследовался очень мало в связи с открытием более перспективных урановорудных районов с близповерхностным богатым оруденением. Приостановка геолого-оценочных и разведочных работ в районе оказалась преждевременной, поскольку открытые месторождения были разведаны на небольшую глубину (в основном до 200–400 м), а многочисленные рудопроявления и выявленные геохимические аномалии урана остались неоцененными и неопоискованными [14].

Рудный район находится в чрезвычайно благоприятной географо-экономической обстановке – на крайнем юге региона, в окружении трех городов (Уссурийск, Арсеньевск, Спасск) и многих поселков. Площадь района пересекается двумя железнодорожными магистралями, шоссейными дорогами первого класса и многочисленными грунтовыми дорогами. Экономические затраты на проведение геологоразведочных работ и последующую эксплуатацию месторождений значительно меньше, чем в других урановорудных районах, расположенных на севере (например, в Учуро-Майском районе).

Синегорский рудный район находится в специфической географо-геологической позиции, характерной для крупнейших ураново-рудных районов мира [3, 30] – на пересечении архейского жесткого блока пород северо-восточного простирания с меридиональным Ханкайским грабеном длительного протерозой-палеозойского периода формирования (рис. 2). В юго-восточном контакте архейского блока локализовано протяженное дайкоподобное тело палеозойских гранитов с частичными инъекциями мезозойских гранодиоритов. В современном рельефе интрузивное тело обнажается по оси горного хребта Синего. Урановорудный район расположен в юго-западной части хребта Синего в пределах восточной части Ханкайского грабена, над опущенной частью древнего архейского блока пород – на участке пересечения его крупной Кавалерово-Вознесенской широтной зоной сближенных широтных разломов архейского заложения (см. рис. 2).

Площадь Синегорского урановорудного тектонического блока имеет трапециевидную форму и заключена между разломами разных направлений. С юга она ограничена Анучинским разломом, составляющим часть Южно-Приморского трансрегионального разлома. Северной границей площади является Синегорская тектоническая зона из двух сближенных разломов северо-восточного простирания, а с флангов она ограничена меридиональными разломами – Ивановским на западе и Анучино-Нахимовским (по 133° в. д.) – с востока (см. рис. 2). Площадь трапеции 1200 км^2.

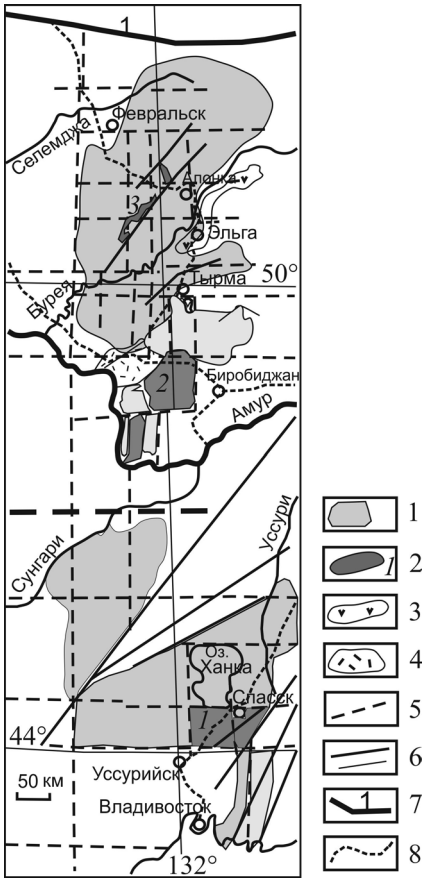

Рис. 1. Схема геологического строения и расположения главных урановорудных площадей Буреино-Ханкайского кратона [7, 12].

1 – контуры Буреино-Ханкайского кратона; 2 – протерозойские грабены: *1* – Синегорский, *2* – Хинганский, *3* – Мельгинский; 3 – мезозойские грабены с породами среднего состава; 4 – мезозойские грабены с породами кислого состава; 5 – скрытые разломы фундамента; 6 – мезозойские разломы, крупные и соподчиненные; 7 – Южно-Тукурингрский разлом Амуро-Удского широтного грабена; 8 – железные дороги.

Fig. 1. Scheme of the geological structure and location of the main uranium-bearing areas of the Bureja-Khanka craton [7, 12].

1 – Bureja-Khanka Craton's outlines; 2 – Proterozoic grabens: *1* – Sinegorsk, *2* – Khingan, *3* – Melgino; 3 – Mesozoic grabens with rocks of intermediate composition; 4 – Mesozoic grabens with felsic rocks; 5 – hidden faults of the basement; 6 – Mesozoic faults, large and small; 7 – South-Tukuringra fault of the Amur-Uda graben; 8 – railways.

Геологическое развитие данного тектонического блока отличается большой длительностью – от раннего протерозоя до кайнозоя – и это, по-видимому, одна из важных причин его высокой металлоносности. За это время в нем проявилось не менее пяти тектоно-магматических циклов. Каждый цикл начинался с формирования морских осадочных толщ, а заканчивался внедрением интрузивных тел

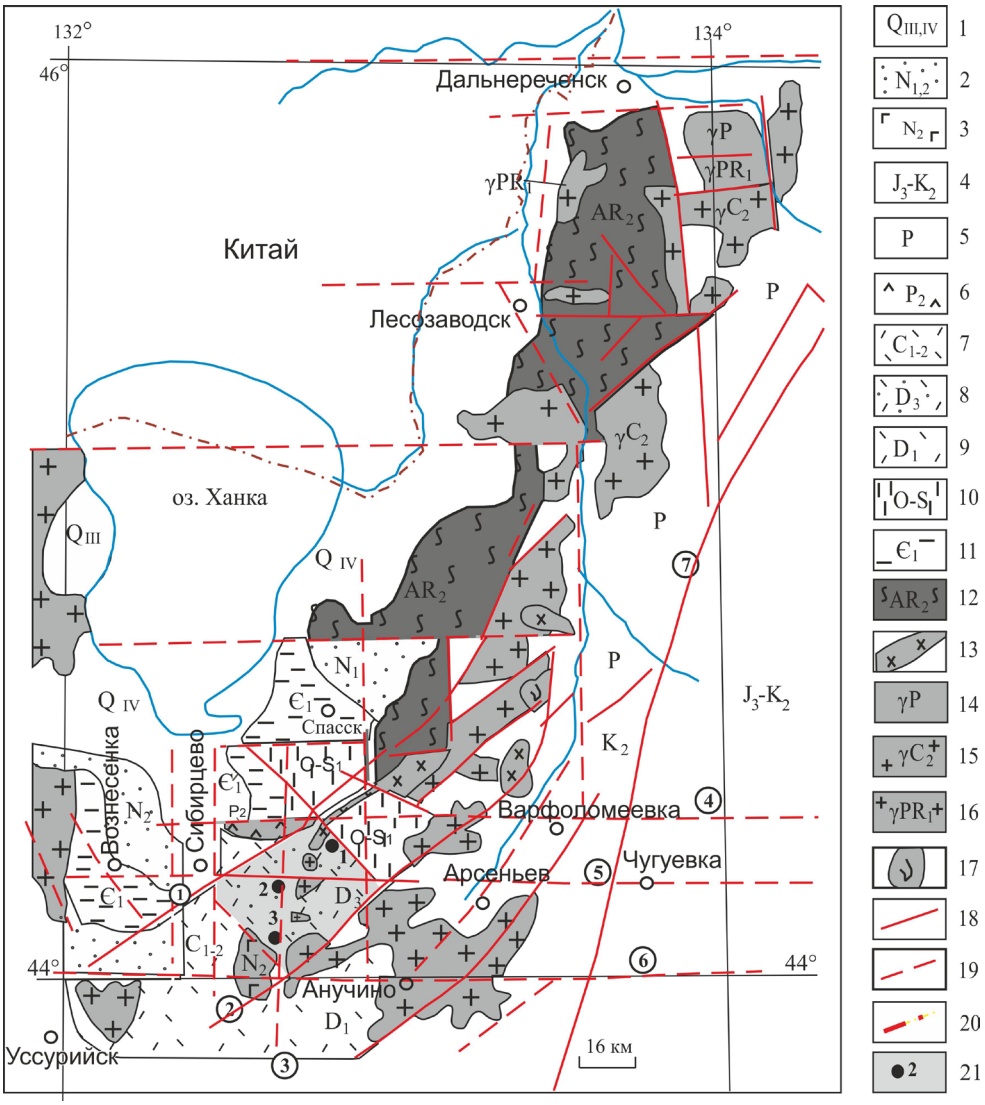

Рис. 2. Положение центральной части Синегорского урановорудного района в региональных геолого-тектонических структурах Южного Приморья [7, 8].

1 – четвертичные отложения; 2 – неогеновые рыхлые отложения; 3 – неогеновые базальты; 4 – мезозойские образования Сихотэ-Алинской складчатой области; 5 – пермские терригенные породы; 6 – позднепермская риолит-андезитовая формация; 7 – карбоновые вулканогенные образования кислого состава; 8 – средне-позднедевонские вулканогенно-осадочные породы; 9 – раннедевонские вулканиты кислого состава; 10 – ордовик-силурийская флишоидная формация (алевролиты, песчаники, гравелиты, линзы известняков); 11 – раннекембрийская кремнисто-терригенно-карбонатная формация; 12 – архейские метаморфические породы; 13 – мезозойские интрузии гранодиоритов; 14 – пермские граниты; 15 – позднекарбоновые граниты, габбро, сиениты; 16 – протерозойские граниты; 17 – интрузии габбро-перидотитов; 18 – установленные разломы (цифры в кружках): 1 – Северо-Синегорский северо-восточный, 2 – Южно-Синегорский северо-восточный, 3 – Ивановский меридиональный, 4 – Варфоломеевский широтный, 5 – Чугуевско-Ярославский широтный, 6 – Анучинский (Южно-Приморский) широтный; 19 – предполагаемые разломы; 20 – государственная граница; 21 – месторождения центральной части урановорудного района: 1 – Синегорское, 2 – Феникс, 3 – Липовское.

Fig. 2. Position of the Sinegorsk uranium ore district's central part in the regional geological and tectonic structures of the Southern Primorye [7, 8].

1 – Quaternary deposits; 2 – Neogene loose deposits; 3 – Neogene basalts; 4 – Mesozoic formation of Sikhote–Alin' fold region; 5 – Permian clastic rocks; 6 – Late Permian rhyolite–andesite formation; 7 – acid volcanic rocks of the Carboniferous age; 8 – Mid-Late Devonian volcano-sedimentary rocks; 9 – Early Devonian felsic volcanics rocks; 10 – Ordovician-Silurian flysch formation (siltstones, sandstones, grits, limestone lenses); 11 – Early Cambrian siliceous clastic–carbonate formation; 12 – Archean metamorphic rocks; 13 – Mesozoic intrusions of granodiorite; 14 – Permian granites; 15 – granites, gabbro, syenites of the Paleozoic age; 16 – Proterozoic granites; 17 – intrusions of gabbr-peridotite; 18 – set faults (number in circles): 1 – North Sinegorsk north-eastern, 2 – South Sinegorsk north-eastern, 3 – Ivanov's meridional, 4–6 – latitudinal faults: 4 – Varfolomeevskiy, 5 – Chuguev-Yaroslav, 6 – Anuchinsky (South Primorye); 19 – supposed faults; 20 – the state border; 21 – the uranium deposits of the central part ore district: 1 – Sinegorskoe, 2 – the Phenix, 3 – Lipovskoe.

различного состава. После образования сводово-купольных поднятий, связанных с формированием магматических тел, начиналась их интенсивная эрозия с уничтожением большой части надинтрузивных осадочных толщ. Выделяется несколько осадочных комплексов пород, разделенных структурно-стратиграфическими несогласиями: нижнекембрийский, среднекембрийский, ордовик-силурийский, нижнедевонский и позднедевонский [8, 14].

Раннекембрийские отложения, представленные терригенно-карбонатными и кремнистыми толщами, образуют узкие линейные складки субмеридионального и северо-западного простирания. Они часто характеризуются высоким содержанием углерода и битуминозностью. Между формированием пород нижнего и среднего кембрия был перерыв, отмеченный внедрением вдоль северо-западных разломов пластовых, линзовидных тел и даек ультраосновного и основного состава. Среднекембрийские породы преимущественно грубообломочные – конгломераты, гравелиты, песчаники.

Ордовик-силурийские образования представлены алевролитами, песчаниками, глинистыми сланцами с линзами известняков. В раннем девоне образовались наложенные впадины с мощной (до 2 км) толщей риолитов и туфов. В среднем-позднем девоне сформировались вулканогенно-осадочные толщи, сложенные песчаниками, туфопесчаниками, алевролитами, лавами трахибазальтов и трахиандезитов. Они имеют пологонаклонное залегание и разделены межформационными перерывами, вдоль которых часто внедрялись интрузивные тела и дайки различного состава.

Многократные восходяще-нисходящие тектонические движения в вертикальной плоскости привели к формированию полицикличного сложно построенного Синегорского грабено-горста, в котором проявлены следующие магматические комплексы пород: раннекембрийский базит-гипербазитовый, позднекембрийский гранит-риолитовый, ранне- и позднедевонский андезит-базальтовый, раннекарбоновый габбро-сиенит-трахириолитовый, позднекарбоновый гранитных батолитов, позднепермский риолит-андезитовый, раннемеловой габбро-гранит-гранодиоритовый, неогеновый базальтовый. В меловое время вдоль Синегорского северо-восточного разлома внедрилась Синегорская интрузия гранодиоритов и образовалось интрузивно-сводовое поднятие хр. Синего [13].

Характерной особенностью геологического разреза горных пород района является широкое развитие пологих и наклонных толщ, часто разделенных структурно-стратиграфическими и межформационными перерывами, вдоль которых нередко внедрены дайки интрузивных пород. Это обстоятельство обусловливает резкую контрастность пород геологического разреза и наличие в нем многочисленных структурно-геологических барьеров – экранов, весьма благоприятных для локализации под ними богатых рудных тел стратиформного типа. Самый нижний барьер подобного типа находится на глубине 0.5–2 км и представлен структурно-стратиграфической зоной несогласия между рифей-нижнекембрийскими терригенно-карбонатными породами и средне-кембрийскими кремнистыми алевролитами и конгломератами [13]. В подобных условиях сформированы, как известно, многие крупнейшие месторождения урана районов Атабаска (США), Пайн-Крик (Австралия) и др. [30, 33]. Выше по разрезу имеется еще несколько пологонаклонных барьеров, представленных плотными интрузивными дайками, алевролитами, гранитами, межформационными перерывами в эффузивах, что создает благоприятные условия для формирования богатых рудных тел на нескольких стратиграфических уровнях.

Многие разновозрастные толщи пород Синегорского района обогащены ураном. В эффузивных породах девона и карбона содержание урана возрастает от 5.1 до 9.5 г/т, а в “куйбышевских” гранитах заключительной карбоновой фазы магматизма содержание урана составляет 14 г/т при содержании тория 40 г/т [14].

Выделяются две главные урановосные формации. Первая представлена молибден-урановыми рудами в кварц-серицитовых метасоматитах среди эффузивно-осадочных пород. Вторая, собственно урановосная, формация характерна для альбитизированных пород экзоконтактовой части гранитных штоков Куйбышевского интрузивного комплекса. Урановые руды часто локализуются в мощных (первые метры–десятки метров) зонах брекчирования и интенсивной трещиноватости горных пород. Такие структуры благоприятны для формирования крупных рудоносных линейных штокверков и трубчатых рудных тел.

В рудном районе установлено два средних по масштабу месторождения урана, одно мелкое месторождение, 13 рудопроявлений и много геохимических аномалий (рис. 3). Первичные руды представлены уранинитом, браннеритом и настураном, реже силикатами урана, часто в ассоциации с арсенопиритом, молибденитом, галенитом, сфалеритом, минералами серебра, апатитом и флюоритом. В зонах окисления развиты вторичные урановые минералы: уранофан, отенит, фосфуранил, урановые черни и др. Содержание урана в рудах обычно низкое – от 0.01 до 0.09 мас. %, реже 1–2.5 мас.% [14].

Многие геохимические аномалии урана не исследованы, рудопроявления слабо изучены, а месторождения недоразведаны. Например, Липовское месторождение находится вблизи крупного Южно-Приморского разлома, в благоприятном участке пересечения разнонаправленных тектонических нарушений. Но оно вскрыто буровыми скважинами лишь до глубины 400 м и по редким буровым

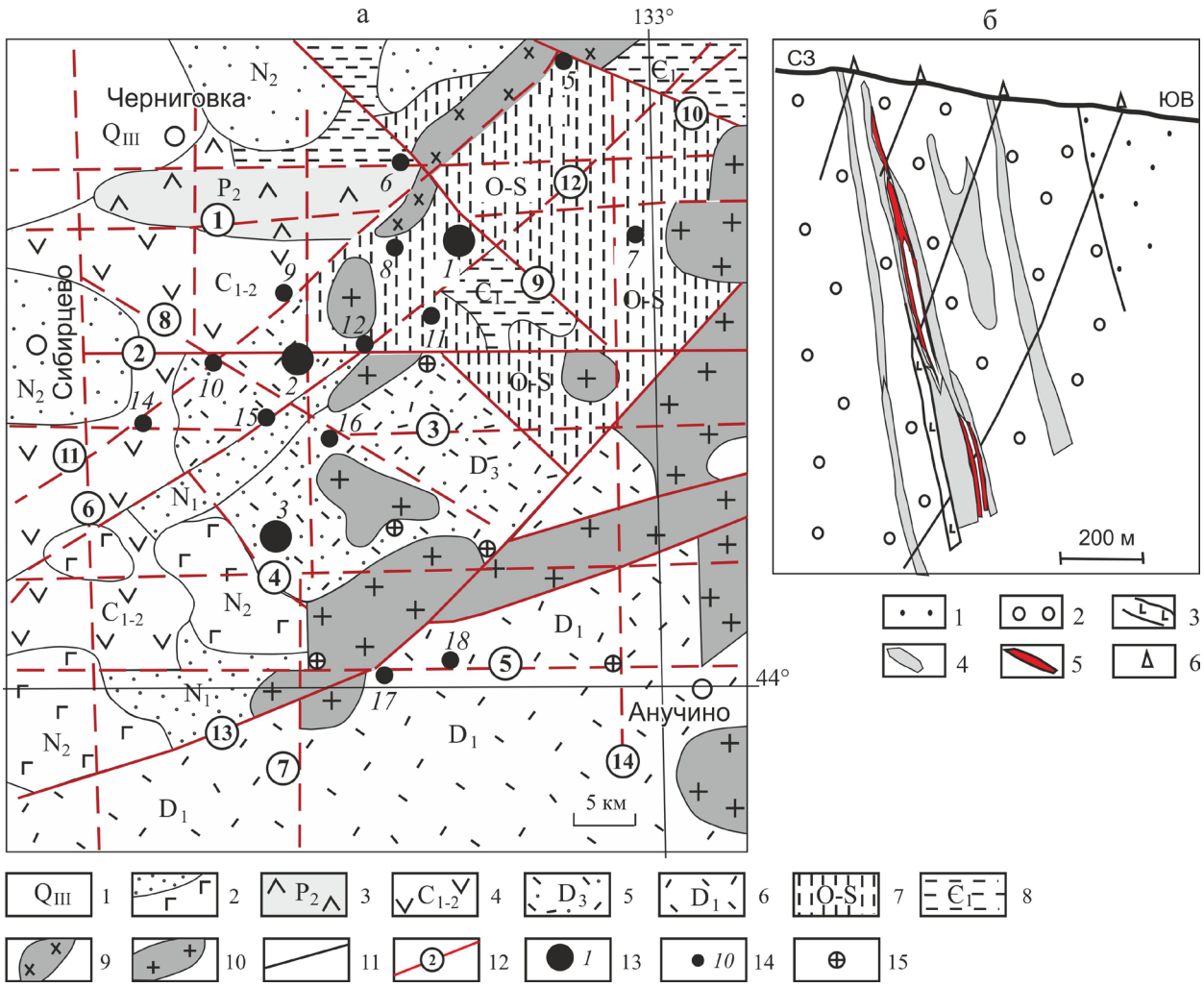

Рис. 3. Геолого-структурная схема Синегорского урановорудного района с учетом данных [13, 23] (а) и геологический разрез Синегорского уранового месторождения [13] (б).

а. 1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – неогеновые образования: рыхлые отложения, базальты; 3 – позднепермские эффузивы; 4 – карбоновые кислые эффузивы; 5 – позднедевонские вулканогенно-осадочные породы; 6 – раннедевонские вулканиты кислого состава; 7 – ордовик-силурийская флишоидная формация; 8 – раннекембрийская кремнисто-терригенно-карбонатная формация; 9 – мезозойские гранодиориты; 10 – палеозойские граниты; 11 – границы геологических тел; 12 – главные разломы и их номера (в кружках): 1 – Варфоломеевский, 2 – Мало-Вассиановский, 3 – Чугуевско-Ярославский, 4 – Липовский. 5 – Анучинский (Южно-Приморский), 6 – Сибирцевский, 7 – Куйбышевский, 8 – Сандуганский, 9 – Меркушевский, 10 – Калиновский, 11 – Синегорский, 12 – Южно-Синегорский, 13 – Потеринский, 14 – Анучино-Нахимовский; 13 – месторождения урана: *1* – Синегорское, *2* – Феникс, *3* – Липовское; 14 – рудопроявления урана: *5* – Лысогорское, *6* – Дубовое, *7* – Даубихезское, *8* – Междуречное, *9* – Каменное, *10* – Смольное, *11* – Ирис, *12* – Орлиное, *14* – Снегуровское, *15* – Сатурн, *16* – Вассиановское, *17* – горы Черной, *18* – Осевое; 15 – рудопроявления золота.
б. 1 – песчаники, гравелиты; 2 – известковые конгломераты; 3 – дайка диабазовых порфиритов; 4 – гидрослюдистые породы с бедным урановым оруденением; 5 – промышленные рудные тела; 6 – скважины наземного бурения.

Fig. 3. Geological and structural scheme of the Sinegorsk uranium ore region with data of [13, 23] (a) and geological section of the Sinegorsk uranium deposit [13] (б).

a. 1 – Quaternary unconsolidated deposits; 2 – Neogene rocks: loose sediments, basalts; 3 – Late Permian volcanics; 4 – Carboniferous acid volcanics; 5 – Late Devonian volcano-sedimentary rocks; 6 – Early Devonian felsic volcanics; 7 – Ordovician-Silurian flysch formation; 8 – Early Cambrian siliceous clastic-carbonate formation; 9 – Mesozoic granodiorites; 10 – Paleozoic granites; 11 – geological boundaries; 12 – the main faults and their numbers (in cercles): 1 – Varfolomeevskiy, 2 – Malo-Vassianovskiy 3 – Chuguevsko-Yaroslavskiy, 4 – Lipovskiy, 5 – Anuchinskiy (Yuzhno-Primorskiy), 6 – Sibirtsevskiy, 7 – Kuibyshevskiy, 8 – Sanduganskiy, 9 – Merkushevskiy, 10 – Kalinowskiy, 11 – Sinegorskiy, 12 – Yuzhno-Sinegorskiy, 13 – Poterinskiy, 14 – Anuchino-Nakhimovskiy; 13 – uranium deposits: *1* – Sinegorskoe, *2* – Feniks, *3* – Lipovskoe; 14 – uranium ore occurrences: *5* – Lysogorskoe, *6* – Dubovoe, *7* – Daubikhezskoe, *8* – Mezhdurechnoe, *9* – Kamennoe, *10* – Smol'noe, *11* – Iris, *12* – Orlinoe, *14* – Snegurovskoe, *15* – Saturn, *16* – Vassianovskoe, *17* – Gory Chernoiy, *18* – Osevoe; 15 – Gold ore occurrences.
б. 1 – sandstones, grits; 2 – calcareous conglomerates; 3 – diabase porphyrite dikes; 4 – hydromica rocks with poor uranium mineralization; 5 – commercial ore bodies; 6 – boreholes.

профилям, через 400 м, что не отвечает требованиям даже для поисково-оценочных работ. Хотя уже было установлено, что оруденение в разрезе многоярусное, а с глубиной качество руд улучшается и мощность рудного тела возрастает [14]. Месторождение явно недоразведано на глубину. А линии буровых профилей настолько редки, что между ними вполне может находиться сверхкрупное месторождение типа рудоносной трубки Вознесенского флюоритового гиганта с размерами в плане 300 × 200 м [46]. Вознесенское месторождение находится в 40 км к западу от Синегорского рудного района, в сходной структурно-геологической обстановке.

Аналогичным образом недоразведано и месторождение Феникс, вскрытое скважинами лишь до глубины 500 м. Однако оно залегает в мощной рудоносной структуре (до 200 м), имеет большую протяженность (более 1.5 км), а с глубиной мощности рудных тел возрастают, как и количество интрузивных даек, что сближает объект с Вознесенским месторождением. Месторождение Феникс на глубину и по простиранию не оконтурено. Сходная обстановка на Синегорском месторождении урана, где на глубоких горизонтах (свыше 500 м) рудной зоны Новой установлено рудное тело мощностью до 9.5 м с содержанием урана до 1 мас.% (см. рис. 3б).

При оценке рудопроявлений урана установлено, что некоторые из них залегают в пологих тектонических структурах. Так, рудопроявление Каменное залегает в приподошвенной части пологого экструзивного тела риолитов, рудопроявление Орлиное – под экраном пологой пачки алевролитов. Рудная зона месторождения Феникс приурочена к пологонаклонной тектонической зоне. Поэтому некоторые исследователи справедливо полагают, что в рудном районе возможно выявление крупных месторождений урана в пологих тектонических структурах, подобных месторождению Бихор (Румыния) [14]. В частности, крупные месторождения урана можно ожидать в пологозалегающих толщах альбитизированных пород, в экзоконтактовой части штоков и силлоподобных интрузий Куйбышевского интрузивного комплекса.

Количественная характеристика запасов и ресурсов урана в Синегорском рудном районе в прежние годы не публиковалась, как и по другим урановорудным объектам. На основе высокой плотности уранового оруденения в районе (три месторождения, 12 рудопроявлений), малой глубины разведки и оценки рудоносных объектов, а также увеличения с глубиной мощности рудных тел и содержания урана в них автором определена величина ресурсов рудного района на уровне 200 тыс. т до глубины 1.5 км [21].

Урановые объекты района совершенно не изучались на золото. Однако при более поздних геологических исследованиях в Синегорском урановом районе установлены многочисленные золотые рудопроявления. На многих водотоках, пересекающих эндоконтактовую часть Синегорского дайкоподобного массива гранодиоритов, золото обнаружено в шлихах. При этом в долинах рек Дмитриевка и Синегорка содержания золота в аллювии достигают промышленных значений. Кроме того, на участках развития кембрийских известняков здесь известны свалы жильного кварца с содержанием золота до 5 г/т.

В центральной части рудного района обнаружено пять рудопроявлений золота (Буянков, Правый Сандуган, Ключа Потерина, Ключа Фомичева, Ключа Тайлового), приуроченных к экзоконтактовой части палеозойских штоков гранитов, реже локализованных в гранитном теле (см. рис. 3). Они представлены зонами окварцевания в стратифицированных породах и гранитных массивах с содержанием золота в штуфных пробах до 1–3 г/т. Здесь же известно несколько промышленных золотоносных россыпей. Наличие в россыпях слабоокатанного золота, сростков золота с кварцем, присутствие неокатанных кристаллов пирита, галенита, зерен сульфосолей серебра свидетельствуют о близости коренных источников [40].

На основании существенной золотоносности площади рудного района вполне правомерно допустить и наличие золота непосредственно в рудах месторождений урана, что необходимо тщательно проверить при последующих геологических исследованиях. Следует иметь в виду, что золото характерно для урановых руд Дальнего Востока. Например, оно присутствует в рудах Стрельцовского и Эльконского рудных районов [26].

В Синегорском золото-урановорудном районе четко выражены закономерности размещения рудных объектов. Основное количество рудопроявлений и месторождений урана сосредоточено в Синегорской тектонической зоне северо-восточного простирания, ограниченной с северо-запада Северо-Синегорским разломом, а с юго-востока – Южно-Синегорским разломом. Ширина зоны – 10, длина 50 км (см. рис. 2, 3). В пределах этой зоны достаточно проявлено влияние разломов других направлений. Например, месторождение Феникс и рудопроявления Смольное, Орлиное тяготеют к широтному Мало-Вассиановскому разлому (фрагмент Чугуевско-Ярославского разлома). Месторождения Феникс, Липовское и рудопроявления Каменное, Сатурн, Вассиановское расположены в зоне влияния Куйбышевского меридионального разлома, контролирующего также цепочку палеозойских штоков гранитов. Месторождение Синегорское и рудопроявление Дубовое находятся в зоне Меркушевского северо-западного разлома. В южной части района урановые и золоторудные объекты приурочены к широтным разломам – Липовскому и Анучинскому (Южно-Приморскому).

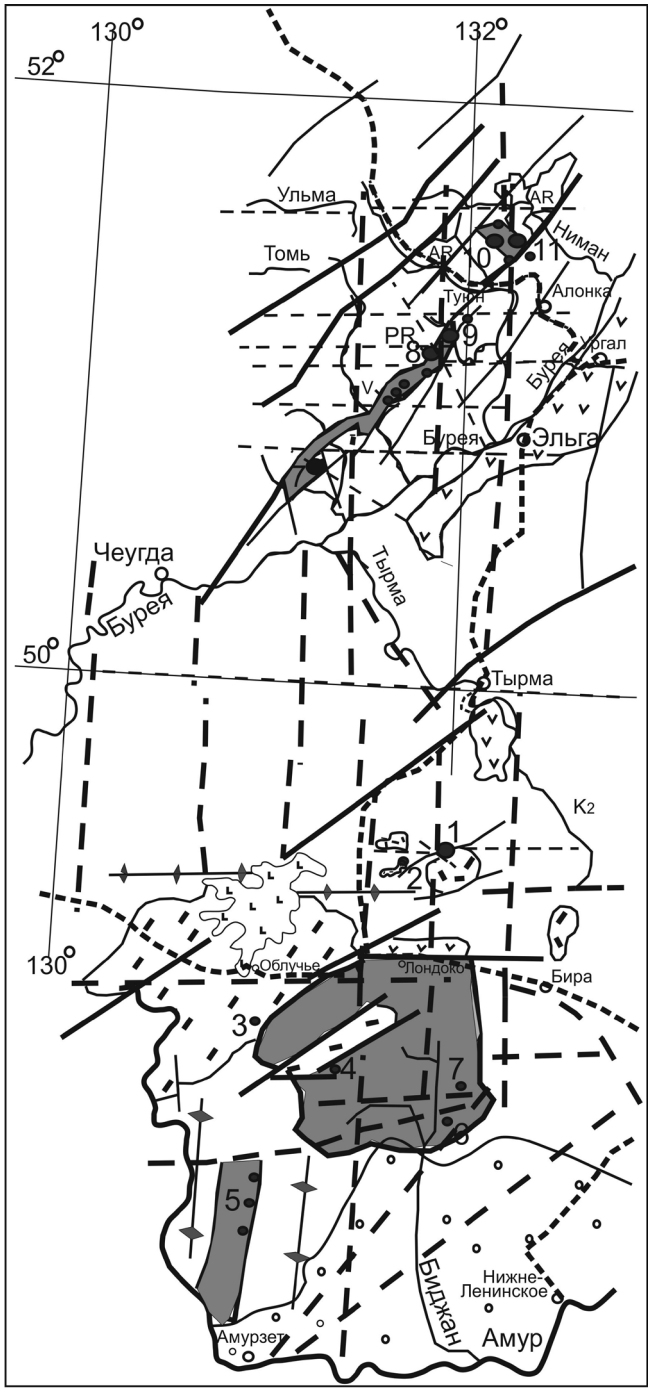

Рис. 4. Схема расположения протерозойских и мезозойских ураноносных грабенов Буреинского кратона с учетом данных [4, 15].

1 – неоген-четвертичные рыхлые отложения; 2 – покров неоген-четвертичных базальтов; 3 – вулканогенные впадины с породами среднего состава; 4 – вулканогенные впадины с породами кислого состава; 5 – протерозойские грабены; 6 – блоки архейских пород; 7 – оси архейских складок; 8 – скрытые разломы фундамента: крупные и мелкие (тонкий штрих); 9 – мезозойские разломы, крупные и мелкие; 10 – месторождения урана: 1 – Ласточка, 2 –Туманное, 7 – Суларинское, 8 – Осеннее, 9 – Сентябрьское, 10– Узловое, 11 – Молодежное; рудопроявления урана: 3 – Малиновое, 4 – Булак, 5 – Помпеевское, 6 – Кабалинское, 7 – Тигровое; 11 – железные дороги.

Fig. 4. Tectonic position's scheme of the uranium-bearing Proterozoic and Mesozoic grabens in the Bureya craton in view of the data [4, 15].

1 – Neogene-Quaternary unconsolidated deposits; 2 – cover the Neogene-Quaternary basalts; 3 – volcanic depressions with rocks of intermediate composition; 4 – volcanic depressions with rocks of acid composition; 5 – Proterozoic grabens; 6 – blocks of Archean rocks; 7 – axis of the Archean folds; 8 – hidden faults basement: large and small; 9 – Mesozoic faults, large and small; 10 – uranium deposits (big balls): 1 – Lastochka, 2 – Tumannoe, 7– Sularinskoe, 8 – Osennee, 9 – Sentjabr'skoe, 10 – Uzlovoe, 11 – Molodezhnoe; uranium ore occurences: 3 – Malinovoe, 4 – Bulak, 5 – Pompeevskoe, 6 – Kabalinskoe, 7 –Tigrovoe; 11 – railways.

ХИНГАНСКАЯ УРАНОНОСНАЯ ОБЛАСТЬ

Хинганская рудоносная область расположена в южной части Буреинского массива, в пределах крупнейшего выступа древних, докембрийских пород. По величине и разнообразию минерагенического потенциала она относится к группе выдающихся рудоносных областей Дальнего Востока, где на сравнительно небольшой территории (170 × 130 км) сосредоточены крупные месторождения железа, марганца, олова, редких металлов, графита, магнезиального и цементного сырья. Здесь же прогнозируются крупные месторождения золота и урана [17, 18].

В геотектоническом плане территория области представляет собой часть древней платформы, существенно переработанной в периоды палеозойской, мезозойской и кайнозойской тектономагматической активизации. Здесь выделяются шесть комплексов горных пород, отвечающих различным структурным этажам – архейскому, протерозойскому, палеозойскому, мезозойскому и кайнозойскому (рис. 4).

Архейские породы собраны в антиклинорные структуры меридионального простирания на юге и широтного – на севере. Область их сочленения находится под крупной Хингано-Олонойской вулканогенной впадиной. Породы представлены гнейсами, кристаллическими сланцами и амфиболитами туловчихинской, дичунской и урильской свит общей мощностью 4.5–6 км. Это глубоко метаморфизованные породы, отвечающие по степени метаморфизма амфиболитовой и гранулитовой фациям. Нижнепротерозойские породы – кварц-слюдяные, ставролитовые и графитистые сланцы, мраморы и кварциты общей мощностью 2.1–2.8 км – слагают небольшой выступ вблизи южного фланга Хингано-

Олонойской вулканогенной впадины и на крайнем юге, на правобережье р. Манчжурки.

Осадочные породы хинганской серии рифей-венд-нижнекембрийского возраста слагают центральную Кимканскую впадину и Самарский линейный грабено-трог в южной части территории. В данной серии отложений выделяется несколько свит, сложенных карбонатными (доломиты, известняки, магнезиты) и терригенными породами общей мощностью 6.5–7 км. Важное значение для локализации месторождений железа, марганца и других полезных ископаемых имеют углисто-глинистые и кремнистые сланцы, алевролиты, песчаники, битуминозные доломиты и известняки.

На породах древнего фундамента сформировано несколько вулканогенных впадин мелового возраста – Хингано-Олонойская, Сутарская, Каменушинская, Яуринская и др. Вулканогенные впадины характеризуются двухъярусным строением: в низах разреза залегают осадочные породы – песчаники и алевролиты, которые перекрываются мощной толщей эффузивов (1–1.5 км) преимущественно кислого состава с базальтами и андезито-базальтами в нижней части [18].

Кайнозойские осадки (пески, глины) широко распространены на водоразделах многих рек, часто образуя мощный чехол (до 30–40м), а также на юге территории, где выполняют крупные грабены (Бирофельдский и др.), часто угленосные. Весьма оригинальным украшением геологии области является крупный покров платобазальтов неоген-четвертичного возраста в северо-западной части территории, перекрывающий золотоносные россыпи Ивановского района (см. рис. 4).

Магматические интрузивные породы широко распространены в пределах области. Они разделяются на несколько интрузивных комплексов разного возраста: амурский (AR_2) – плагиограниты, гранито-гнейсы, амфиболиты; помпеевский (PR_1) – граниты двуслюдяные; биджанский (PZ_1) – граниты порфировидные. К поздним образованиям относятся тырмо-буреинский комплекс (PZ_2) крупнопорфировых гранитов, слагающих огромные поля в центральной и северной частях региона, и харинский комплекс (PZ_2–T) лейкократовых гранитов, представленный отдельными крупными и мелкими интрузивными массивами [28].

Мезозойские интрузии состоят из двух пространственно разобщенных комплексов – бутакано-чуркинского в юго-восточной части территории, и хингано-олонойского, состоящего из субвулканических интрузий крупнопорфировых гранитов позднемелового возраста в пределах вулканогенных впадин.

Характерной петрохимической особенностью гранитов всех комплексов является богатство щелочами при преобладании калия (калиевая направленность гранитного магматизма) и повсеместное присутствие радиоактивных и редкоземельных акцессорных минералов: апатита, сфена, ортита, монацита, ксенотима, циркона. Реже встречаются уранинит, самородное золото, платина, висмутин [28].

Широко и масштабно проявлена в регионе разрывная тектоника. Наиболее ярко выражены древние разломы меридионального и широтного плана, существенно подновленные на неотектоническом этапе и обусловливающие характерный решетчатый рисунок крупнейших водотоков региона. Палеозойские и мезозойские разломы и магмоконтролирующие структуры имеют северо-восточное и реже северо-западное простирание, но часто развиваются унаследованно вдоль древних ортогональных разломов. Многие разрывные нарушения расположены субпараллельно, близко друг от друга и образуют широкие и протяженные тектонически ослабленные зоны [18].

Венд-кембрийские осадочные породы протерозойских впадин Хинганской области отличаются повышенной радиоактивностью (9.8 г/т урана). В магматических породах содержание урана находится на уровне 10.5 г/т, а в центральных частях ряда гранитных массивов содержания урана достигают 20–35 г/т. Поэтому протерозойские впадины региона рассматриваются как перспективные для выявления промышленного уранового оруденения [13, 17].

Урановосность меловых вулканогенных впадин

Специализированные поисковые и поисково-оценочные работы на уран проводились в Хинганской области в ранний период масштабных работ на уран (50–60-е гг. XX в.). При этом выяснилось, что наиболее урановосными являются меловые вулканогенные впадины, в которых было выявлено много рудопроявлений урана, позже частично оцененных и разведанных [4]. Серия рудопроявлений урана была выявлена и в венд-кембрийских осадочных породах протерозойских впадин. Но они располагались в удаленных частях территории и были слабо исследованы.

Наиболее концентрированное урановое оруденение установлено в Каменушинской вулканогенной впадине, расположенной в северной части области на пересечении архейских широтных и меридиональных складок (сохранившихся фрагментарно среди палеозойских гранитов) [6]. С направлением древних складок согласуется серия широтных разломов и два крупных меридиональных разлома, разделенных промежутком в 25 км – Кульдуро-Урундынский, на восточном фланге Хингано-Олонойской вулканогенной впадины, и Биджано-Эхилканский, ограничивающий с запада Каменушинскую урановосную впадину (см. рис. 4).

Каменушинская вулканогенная впадина имеет почти округлую форму диаметром около 15 км,

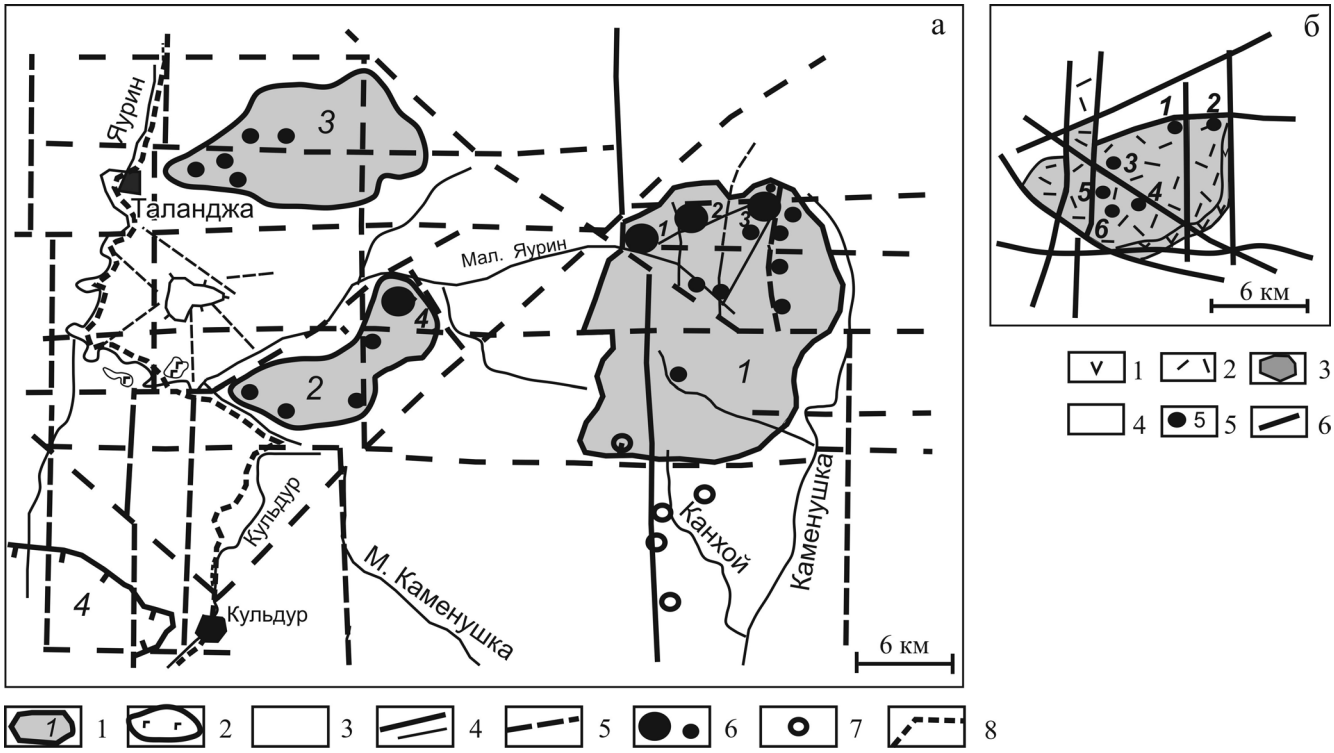

Рис. 5. Структурное положение урановорудных грабенов в Яуринском (а) и Стрельцовском (б) районах по данным [4, 26 и др.], с упрощением.

а. 1 – грабены с кислыми вулканитами: *1* – Каменушинский, *2* – Яуринский, *3* – Таланджинский, *4* – Хингано-Олонойский; 2 – мелкие тела габбро; 3 – вмещающие архейские породы и палеозойские граниты; 4 – разломы крупные и соподчиненные; 5 – скрытые разломы фундамента; 6 – месторождения урана: ***1*** – Ласточка, ***2*** – Светлое, ***3*** – Каменушинское, ***4*** – Туманное, рудопроявления урана – мелкие кружки; 7 – рудопроявления олова; 8 – железная дорога.
б. 1 – внешняя оторочка андезитового состава; 2 – риолиты; 3 – внутренняя урановорудная кальдера; 4 – протерозойские метаморфические породы и палеозойские граниты; 5 – месторождения урана: *1* – Стрельцовское, *2* – Широндукуевское, *3* – Тулукуевское, *4* – Юбилейное, *5* – Весеннее, *6* – Новогоднее; 6 – разломы.

Fig. 5. Structural position of the uranium-bearing grabens in Yaurinskiy (a) and Streltsovskiy (б) area according [4, 26 and others], with the simplification.

a. 1 – grabens with acid volcanics: *1* – Kamenushinskiy, *2* – Yaurinskiy, *3* – Talandzhinskiy; 2 – small bodies of gabbro; 3 – host Archean rocks and Paleozoic granites; 4 – large and subordination faults; 5 – hidden faults of the basement; 6 – uranium deposits: ***1*** – Lastochka, ***2*** – Svetloe, ***3*** – Kamenushinskoe, ***4*** – Tumannoe, small circles – uranium occurrences; 7 – tin occurrences; 8 – railway.
б. 1 – the outer rim with andesitic rocks; 2 – rhyolites; 3 – uranium-bearing inner caldera; 4 – Proterozoic metamorphic rocks and Paleozoic granites; 5 – uranium deposits: *1* – Streltsovskoye, *2* – Shirondukuevskoe, *3* – Tulukuevskoe, *4* – Jubileinoe, *5* – Vesennee, *6* – Novogodnee; 6 – faults.

площадью 221 км^2, окруженную с периферии полукольцевыми дайками гранит-порфиров и фельзитов. В ее строении выделяются три главных комплекса пород – нижний, средний и верхний. Нижний состоит из базальных конгломератов и брекчий, перекрытых толщей порфировых риолитов. Средний комплекс начинается покровом андезитобазальтов, а завершается толщей туфов и алевролитов. Верхний состоит из пласта туфо-алевролитов, выше которых залегает мощная толща риолитов и фельзитов. Северная и центральная части впадины прорваны серией мелких интрузий субвулканических гранитов. С поверхности она рассечена многочисленными разломами меридионального, северо-восточного и северо-западного направления. Срединный широтный разлом разделяет впадину на два блока с резко различной историей развития и рудоносностью. В северной части впадины выявлены субвулканические тела, месторождения и проявления урана, в южной – распространены главным образом стратифицированные вулканогенно-осадочные образования, не несущие заметного оруденения (рис. 5).

Кислые вулканиты верхнего комплекса существенно обогащены ураном (до 10–15 г/т) и торием (до 40 г/т и более) [13]. В пределах Каменушинской вулканогенной впадины выявлены месторождения урана Ласточка, Светлое, Эхилканское, Каменушинское, рудопроявления Гранитное, Александровское и др. [31]. В размещении рудных объ-

ектов важную роль играют разломы. Например, все месторождения и основные рудопроявления урана сосредоточены в северной части впадины на участке развития меридиональных, северо-восточных и широтных разломов. При этом самое крупное месторождение (Ласточка) локализовано в северо-западном борту впадины, осложненном еще дополнительным северо-западным разломом. Каменушинская впадина по концентрации урановых объектов весьма близка Стрельцовской вулканогенной впадине в Забайкалье с крупными промышленными запасами урана. Но она значительно крупнее (вдвое) Стрельцовской впадины, внутренняя кальдера которой с кислыми вулканитами и главными месторождениями имеет площадь 111 км^2 (13.2 × 8.4 км), согласно [26].

Месторождение Ласточка относится к фтор-молибден-урановой формации, характерной и для Стрельцовского рудного района [31]. Оно представлено пологими линзовидно-пластовыми телами. Рудовмещающими являются также крутопадающие меридиональные разломы [31], однако степень изученности их не охарактеризована. Основные урановые минералы – настуран и коффинит в ассоциации с пиритом, марказитом, арсенопиритом, гематитом, молибденитом (редко). Нерудные минералы представлены темным флюоритом, кварцем, серицитом, хлоритом. Протяженность пологих рудных тел 300–540 м, мощность 4–78 м, содержание урана в рудных телах 0.07–0.38 мас. %, в отдельных гнездах – до 0.9 мас. % [13]. Утвержденные в ГКЗ запасы урана составляют 4.7 тыс. т, прогнозные ресурсы – 20 тыс. т [31]. Месторождение разведано до глубины 150 м (рис. 6).

Другие месторождения Каменушинской впадины меньше по размерам, с запасами урана до 2.2 тыс. т, но глубина разведки их еще меньше. Месторождение Светлое, в 1 км от месторождения Ласточка, вскрыто двумя скважинами до глубины 17–27 м. И даже на этой малой глубине параметры рудного тела возрастают. Если на поверхности мощность рудного тела находится в пределах 0.5–4.6 м при содержании урана до 0.35 мас. %, то на забое мощность рудного тела составляет 6.28–7.22 м при содержании урана 0.057 мас. % на глубине 7.22 м [15, с. 263].

Запасы и ресурсы Каменушинской впадины оцениваются, согласно приведенным данным, в 30 тыс. т.

Месторождение Ласточка является недоразведанным. На известном разрезе месторождения (см. рис. 6) три центральные скважины недобурены до пересечения вероятного нижнего пластового тела, а две восточные скважины не пересекли рудное тело на всю мощность. Не приведено данных о бурении по вертикальному рудоносному разлому и его урановости как главной рудоподводящей структуры месторождения. Именно на пересечении этого вертикального тела с подошвой вулканогенной впадины, в зоне структурно-стратиграфического несогласия, возможны наиболее крупные и богатые запасы урана, как это установлено на месторождениях Стрельцовского района (см. рис. 6).

По геологической позиции, плотности урановых объектов и их приуроченности к узлу пересечения крупных разломов Каменушинская впадина весьма близка Стрельцовской с запасами урана 300 тыс. т и протяженности оруденения на глубину до 1.0 км [3, 45]. Учитывая также малую глубину разведки месторождения Ласточка и других объектов Каменушинской впадины (до 150 м), неизученность вертикального рудоподводящего канала и пологой зоны структурно-стратиграфического несогласия на глубине 0.8–1 км, вполне правомерно прогнозировать ресурсы урана Каменушинской впадины, по крайней мере, в 3 раза больше указанной выше величины (30 тыс. т), т. е. на уровне 90 тыс. т. При этом ресурсы месторождения Ласточка в случае обнаружения богатых рудных тел в подъэкранных структурах (под подошвой вулканитов грабена) и в вертикальном рудоподводящем канале могут составить 30–40 тыс. т.

Весьма интересно месторождение Туманное в Яуринской вулканогенной впадине, расположенной в 15 км западнее Каменушинской. Эта впадина, как и Каменушинская, выполнена преимущественно кислыми эффузивами мелового возраста. И в ней также локализовано несколько ураноносных объектов, но по размеру (13 × 3.5 = 42 км^2) эта впадина более чем в 2 раза меньше Стрельцовской. Туманное месторождение урана характеризуется наличием богатых руд, с содержанием урана до 0.5 мас. % и присутствием в рудах промышленных содержаний ряда минералов-спутников (мас. %) – молибдена (0.6–3), иттрия (до 1), ниобия (до 0.3), свинца (до 0.3), в ряде случаев селена (до 0.3). Длина отдельных рудных тел достигает 70 м, мощность – 1–4 м [13].

Туманное месторождение локализовано в весьма благоприятной геолого-структурной обстановке – в зоне влияния Кульдуро-Урындинского меридионального разлома, в узле сочленения регионального широтного разлома с северо-восточным разломом (см. рис. 5). Соответственно, следует ожидать большую глубину распространения руд месторождения. Однако месторождение вскрыто скважинами лишь до глубины 80–100 м. А ряд скважин, намеченных для пересечения более глубоких горизонтов месторождения, недобурен до рудных тел (рис. 7). Учитывая малую глубину разведки Туманного месторождения и других рудопроявлений и благоприятную геолого-структурную позицию Яуринской впадины, ресурсы урана в ней можно оценить на уровне 30 тыс. т.

Несколько рудопроявлений урана выявлено в близко расположенной (к северу) Таланжинской вулканической впадине (размером (18 × 10)/2 = 90 км^2). Урановые объекты кучно сосредоточены на запад-

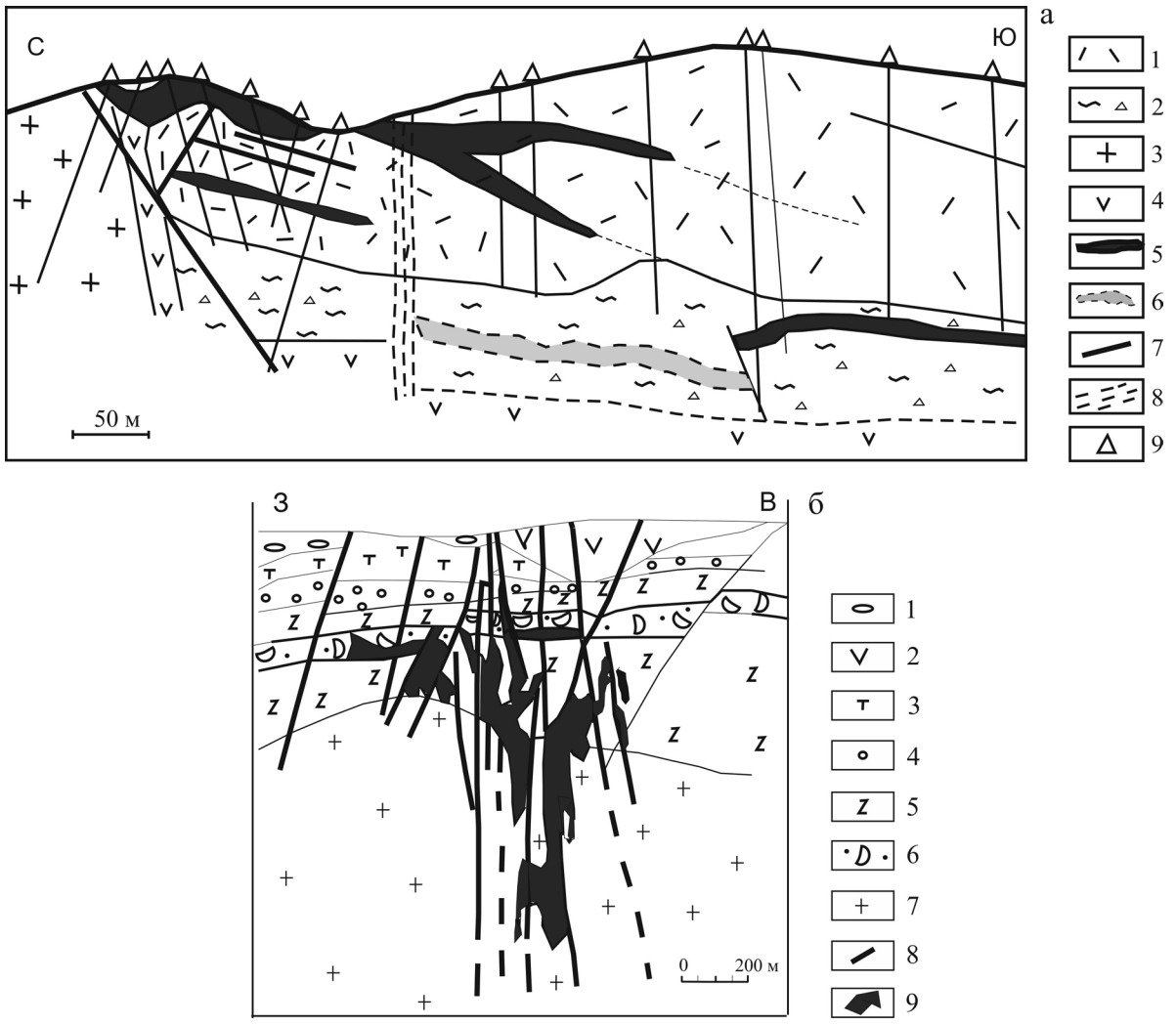

Рис. 6. Геологические разрезы месторождения Ласточка в Каменушинском районе (а) и одного из месторождений в Стрельцовском районе (б) по [13, 34, 37], с упрощением.

а: 1 – риолиты; 2 – туфы, туфопесчаники, трахидациты; 3 – граниты фундамента; 4 – диориты; 5 – рудные тела; 6 – предполагаемое рудное тело; 7 – разломы; 8 – зона трещиноватости; 9 – скважины наземного бурения.
б: 1 – конгломераты, 2 – фельзиты, 3 – трахибазальты, 4 – гравелиты, 5 – трахидациты, 6 – туфы трахидацитов, 7 – граниты фундамента, 8 – разломы, 9 – рудные тела.

Fig. 6. Geological section of Lastochka deposit in Kamenushinskiy area (a) and a deposit in Streltsovsky area (б) by [13, 34, 37] with simplification.

a: 1 – rhyolite; 2 – tuffs, tuff-sandstones, trahidacites; 3 – basement granites; 4 – diorite dyke; 5 – ore bodies; 6 – estimated ore body; 7 – faults; 8 – a zone of fracturing; 9 – boreholes.
б: 1 – conglomerates, 2 – felsite, 3 – trachybasalt, 4 – grits, 5 – trahidacites, 6 – trahidacite tuffs, 7 – basement granites, 8 – faults, 9 – ore bodies.

ном фланге впадины, в узле пересечения меридиональных и широтных разломов. Протяженность рудных зон до 200 м при мощности 1–7 м. Содержания урана достигают 1 мас. %. На поверхности вскрыт верхнерудный интервал месторождения, что подтверждается значительным присутствием в рудах характерных элементов-спутников (мас. %): мышьяка – 1–3, серебра – 0.1, свинца и цинка – 0.3, сурьмы – 0.01 [13]. На глубину рудопроявления не изучены. Ресурсы урановых объектов Таланджинской впадины оцениваются предварительно в 30 тыс. т.

В 70 км к востоку от Каменушинской впадины, на правобережье р. Урми, находится Белоянская вулканогенная впадина. В ней предварительно разведано месторождение Скальное с запасами категории С-2 в количестве 2060 т и прогнозными ресурсами 7 тыс. т [4].

Таким образом, Яуринский район мезозойских грабенов Хинганской рудоносной области харак-

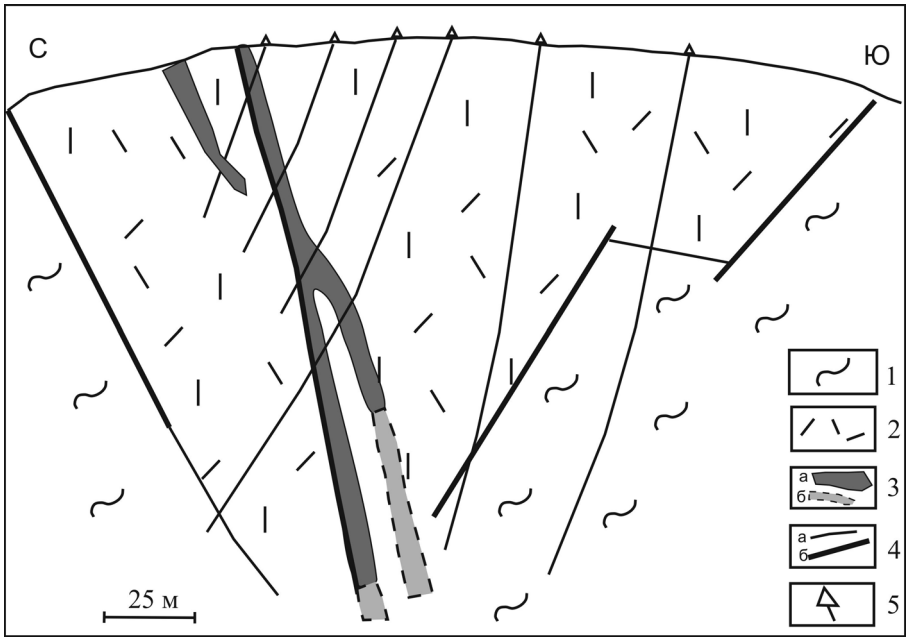

Рис. 7. Геологический разрез месторождения Туманного [13].

1 – архейские гнейсы и граниты; 2 – позднемезозойские риолиты; 3 – рудные тела: а – установленные, б – предполагаемое продолжение рудных тел на глубину; 4 – разломы: а – мелкие, б – крупные; 5 – скважины колонкового бурения.

Fig. 7. Geological section of Tumannoe deposit [13].

1 – Archean gneisses and granites; 2 – Late Mesozoic rhyolite; 3 – ore bodies: a – fixed, б – supposed continuation of the ore bodies at depth; 4 – faults: a – minor, б – large; 5 – boreholes.

теризуется высокой плотностью уранового оруденения, сосредоточенного в четырех вулканогенных впадинах-грабенах мелового возраста. И это вполне закономерно, поскольку данная площадь находится в пределах Урило-Тырминского широтного разлома, составляющего западный фланг Хингано-Совгаванского широтного линеамента [11], на участке пересечения его серией крупных меридиональных разломов. Общие прогнозные ресурсы урана в урановосных грабенах Яуринского района оцениваются в 160 тыс. т (Каменушинский грабен – 90, Яуринский – 30, Таланджинский – 30, Белоянский грабен – 10 тыс. т).

Рудопроявления урана выявлены и в других вулканогенных впадинах Хинганской рудоносной области. В крупнейшей Хингано-Олонойской впадине меловых вулканитов установлено рудопроявление Малиновое. Оно локализовано вблизи юго-восточного борта впадины, в весьма благоприятной геолого-структурной обстановке – на границе морфоструктурного свода в узле пересечения крупных региональных разломов. Рудопроявление приурочено к границе субвулканического тела риодацитов. Другое рудопроявление урана находится в 4 км южнее, но уже в породах протерозойского фундамента, вблизи границы положительной гравитационной аномалии (проявляемой на поверхности мелкими телами перидотитов-серпентинитов и габбро). Следовательно, рудоподводящая структура имела глубокий уровень, возможно ниже границы Мохо. Поэтому урановосное поле Малиновое следует разбурить до глубины подошвы вулканогенной впадины (1.0–1.5 км), т.е. до структурно-стратиграфического несогласия с породами протерозойского фундамента, где можно ожидать богатые урановые руды.

Несколько рудопроявлений урана установлено и вдоль южной границы Сутарской вулканогенной впадины – в 20 км к юго-востоку от Хингано-Олонойской впадины: Лево-Костеньгинское, Дитурское, Звездное, Придорожное и др. [13]. Некоторые из них, как, например, Лево-Костеньгинское и Дуриловское проявления урана, локализованы близко друг от друга. Но первое находится в вулканитах вблизи границы грабена, а второе – в породах протерозойского фундамента, за границей вулканогенной впадины. Следовательно, и здесь рудопроявления урана должны быть разбурены до подошвы вулканитов, т.е. до границы с фундаментом. Ресурсы урана в урановых объектах Хингано-Олонойской и Сутарской вулканогенных впадин могут быть также существенными. Но все эти объекты крайне слабо исследованы и требуют проведения тщательных поисковых работ.

Следует заметить, что все рассмотренные урановосные поля расположены вблизи золотоносных

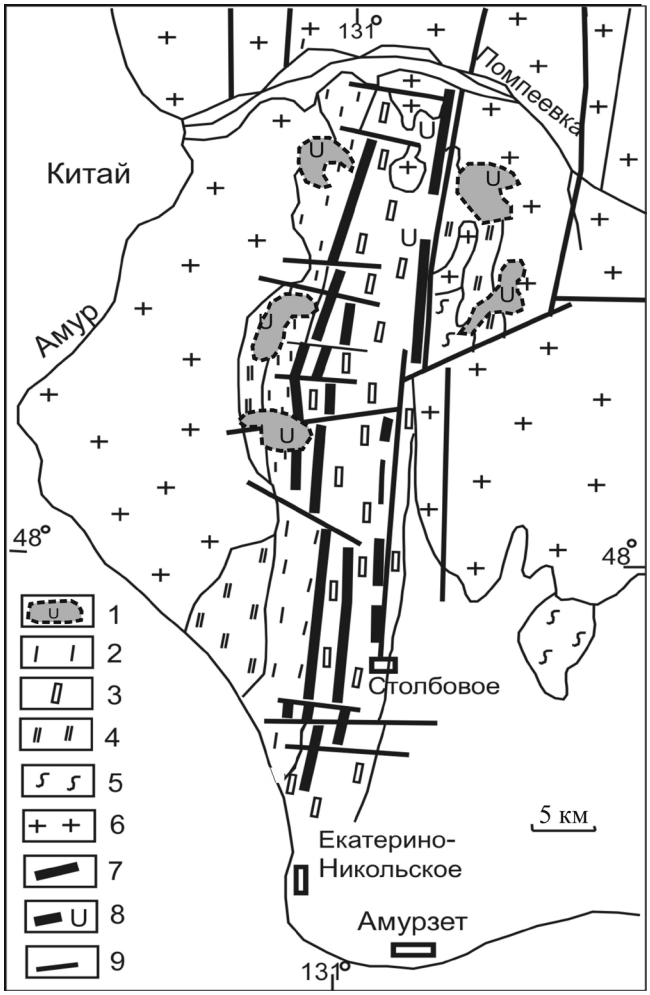

Рис. 8. План марганец-железорудных и золото-урановых зон Южно-Хинганского рудного поля [2, 19, 43].

1 – геохимические аномалии урана; 2 – глинистые сланцы игинчинской свиты рифейского возраста; 3 – доломиты мурандавской свиты венда; 4 – глинистые сланцы, известняки лондоковской свиты нижнего кембрия; 5 – метаморфические сланцы нижнего протерозоя; 6 – палеозойские граниты; 7 – марганцево-железорудные тела; 8 – золото-уран-ванадиевые тела; 9 – разломы.

Fig. 8. Plane of manganese-iron ore and gold-uranium zones of the South -Khingan ore field [2, 19, 43].

1 – uranium geochemical anomalies; 2 – clay shales Iginchinskaja formation of Riphean; 3 – dolomites Murandavskaja formation of Vendian; 4 – clay shales, limestones Londoko formation of Lower Cambrian; 5 – Lower Proterozoic schists; 6 – Paleozoic granites; 7 – manganese-iron bodies; 8 – gold-uranium-vanadium bodies; 9 – faults.

полей, с широким развитием россыпей золота, отдельных коренных выходов золотых руд и геохимических аномалий золота. Поэтому правомерно ожидать наличие самородного золота и в рудах рассмотренных урановых объектов – в качестве элемента-спутника. Но это требует специальных исследований, которые раньше не проводились.

Урановость протерозойских впадин

Урановые объекты выявлены и непосредственно в протерозойских впадинах Хинганской рудоносной области. В отличие от описанных мезозойских урановых объектов они часто характеризуются большой протяженностью, согласно длине древних рудоносных структур. Выделяются несколько типов уранового оруденения: золото-серебро-молибден-уран-ванадиевый, золото-кобальт-уран-марганец-железистый, золото-урановый и фосфатно-урановый [18, 22].

Золото-серебро-молибден-уран-ванадиевый тип выявлен в 1949–1955 гг. при поисках и оценке месторождений марганца в Самарском протерозойском грабене. В северо-восточной части этого грабена обнаружена Помпеевская геохимическая комплексная аномалия длиной 5 км, шириной 80–100 м, локализованная в углисто-глинистых и углисто-доломитовых породах венд-кембрийского возраста. По данным поискового изучения рудного поля [43], в породах из аномальной геохимической зоны определены (мас. %): уран – до 0.08, ванадий – 0.1–1, молибден – до 0.06, иттрий – 0.01–0.3, никель – до 0.1, хром – около 0.1. При шлиховом опробовании аллювия рек выявлены: киноварь, самородное золото, циркон, сфен, галенит, флюорит. По данным анализа отдельных образцов пород из аномальной зоны (в лаборатории ВСЕГЕИ) дополнительно установлены золото (0.4–1.2 г/т) и серебро (4.6–11.7 г/т) [16].

Позже в Помпеевской зоне были выявлены отдельные урановосные линзы длиной 40–60 м, мощностью 3 м, с содержанием урана 0.037 мас. %. В трех мелких скважинах (до 50 м) установлены рудные интервалы на глубине 30 м: мощность их достигает 3 м, содержание урана 0.047 мас. %. Урановые минералы представлены уранинитом и браннеритом [13].

При среднемасштабной геологической съемке территории в 1994–1999 гг. Помпеевская рудоносная зона прослежена по отдельным проявлениям урана и золота на 13 км, от гранитного массива в долине р. Помпеевки на севере до северо-восточного разлома в долине р. Плотничиха на юге (рис. 8). Она контролируется меридиональным разломом в прибортовой части грабена, вдоль границы доломитов мурандавской свиты венда с углисто-глинистыми сланцами лондоковской свиты нижнего кембрия. Южнее урановосная зона сменяется протяженной (около 20 км) геохимической аномалией золота. В 300 м к западу от нее фрагментарно фиксируются марганцево-железорудные тела Южно-Хинганского марганцево-железорудного месторождения [2].

Руды Помпеевской рудоносной структуры по составу близки рудам “онежского” типа, установленным в протерозойских грабенах Южной Ка-

релии. Они содержат ванадий с сопутствующими элементами – ураном, молибденом, палладием, золотом и серебром. Рудные тела месторождений Карелии, представленные карбонатно-слюдистыми метасоматитами, размещаются в крутопадающих зонах брекчий и катаклазитов длиной до 2.5 км и мощностью до 45 м, приуроченных к разломам на контактах доломитов и углисто-глинистых сланцев. Оруденение прослежено на глубину 600 м от поверхности [32].

Глубина распространения комплексных руд Помпеевской зоны, предположительно, не менее 0.5–1 км. Главными промышленными металлами в рудной зоне будут, вероятно, уран и золото соответственно ведущей роли их в общей металлогении региона.

Золото-кобальт-уран-марганец-железистый тип представлен сверхкрупным Южно-Хинганским месторождением в Самарском протерозойском грабене. Это огромное месторождение было открыто полтора столетия назад. В 1864 г. горный инженер Н.П. Аносов провел обследование правобережья р. Самары, на юге Малого Хингана, и сообщил из станицы Екатерино-Никольской об открытии протяженных пластов железных руд. Главная железорудная зона, длиной более 60 км, простиралась от р. Амур на юге до р. Помпеевка на севере. Н.П. Аносов рассматривал эту зону как благоприятную для создания на ее основе “железного” завода [1]. В 1936 г. на месторождении М.Н. Доброхотовым было установлено присутствие марганцевых руд.

Поисковые работы на поверхности месторождения были проведены в 1942–1945 гг., разведка отдельных рудных тел месторождения на марганцевые руды была выполнена в 1949–1955 гг. Месторождение представлено тремя рудными зонами, локализованными в центре и по бортам грабена, сложенного глинисто-карбонатными породами нижнего кембрия-венда (см. рис. 8). В пределах месторождения выделяются 20 рудных тел (участков) мощностью 20–100 м, сосредоточенных в трех рудных зонах через 2–5 км друг от друга. Геолого-промышленный тип месторождения – железистые кварциты, аналогичные криворожским кварцитам на Украине и курским в Центральной России. Марганцевый пласт мощностью 3–8 м локализуется в лежачем боку мощных железорудных тел.

Ресурсы железных и марганцевых руд, а также сопутствующих никеля, кобальта, золота на Южно-Хинганском месторождении железистых кварцитов значительны. До глубины 500 м от поверхности определено 3 млрд т железных руд, 50 млн т марганцевых руд, 100 тыс. т кобальта и более 1000 т золота – при среднем содержании его около 0.4 г/т [19]. Глубина распространения оруденения ожидается не менее 1.5–2 км. Так, разработка подобных месторождений в Криворожском железорудном бассейне ведется до глубины 1.4 км, а разведочным бурением установлено наличие руды до глубины 3 км [27].

При проведении среднемасштабной геологической съемки в 1994–1999 гг. в северо-восточном борту Самарского грабена были установлены отдельные проявления урана и золота, и геохимическая аномалия урана в пределах вышеописанной Помпеевской ураноносной зоны. Несколько геохимических аномалий урана длиной 5–6 км установлены и в пределах центральной железорудной зоны Южно-Хинганского марганцево-железорудного месторождения [2]. Это обстоятельство позволяет прогнозировать наличие внутри железорудных тел (на глубине 0, 5–1.5 км) крупных урановорудных тел, подобных Первомайскому месторождению в Криворожском ураново-железорудном бассейне. Внутри большой железорудной залежи там было выявлено столбообразное урановорудное тело длиной 150–200 м, мощностью 10–20 м и протяженностью на глубину 900 м [41]. Такие протяженные вертикальные урановые столбы вполне возможны и внутри аналогичных по протяженности на глубину железорудных тел Южно-Хинганского месторождения.

Золото-урановый тип установлен на Кабалинском (Биджанском) марганцево-железорудном месторождении, в 65 км к северо-востоку от Помпеевского урановорудного проявления. Кабалинское месторождение аналогично по составу и строению Южно-Хинганскому марганцево-железорудному месторождению. Оно также представлено мощным телом железистых кварцитов, в лежачем боку которого сформирован пласт марганцевой руды мощностью 2–3 м. Месторождение залегает в северо-восточной толще доломитов и углисто-глинистых сланцев нижнего кембрия–венда [35].

Ураноносная зона простирается, напротив, в северо-западном направлении и пересекает железорудное месторождение, являясь более поздней наложенной структурой. Урановые минералы сосредоточены в крутопадающей зоне дробления доломитов мощностью 4–10 м. Длина рудоносной зоны дробления – 500 м. По данным опробования ряда канав и мелких скважин выявлено маломощное урановорудное тело (0.3–2 м) с содержаниями урана на уровне 0.059–0.955 мас. %. Урановые минералы представлены настураном и урановыми чернями в ассоциации с арсенопиритом и халькопиритом [13]. Рудная зона не разведана на глубину.

Фосфатно-урановый тип представлен рудопроявлениями участков Тигрового и Гремучего. Эти участки находятся в 5–10 км к северо-востоку и северу от Кабалинского железорудного месторождения, в бассейне ручьев Дитур и Малый Дитур. Урановое оруденение приурочено здесь к фосфатоносным зонам дробления в доломитах мурандавской свиты венда протяженностью от сотен метров до 1 км и более. Цементом брекчий являются ураноносный фосфат и кремнистое вещество, отли-

чающееся темной и черной окраской. Средние содержания P_2O_5 на каждом участке (мас. %): Тигровый – 3.62–7.14, Гремучинский – 3.89, Дитурский – 3.1–5.0. Руды бедные и трудно поддающиеся обогащению [39]. Содержания урана в рудах низкие – на уровне тысячных–сотых долей процента, установлена прямая зависимость между содержаниями урана и фосфора в рудах. Урансодержащим минералом является ураноносный фторапатит. С ним ассоциируют доломит, диопсид, тремолит, хлорит, флюорит, пирит, пирротин, халькопирит. Промышленное значение данного типа руд пока проблематично. Нужны дополнительные специализированные исследования в сочетании с бурением глубоких скважин.

Заканчивая рассмотрение урановых объектов в карбонатных и черносланцевых породах вендкембрийского времени, можно сделать вывод о возможном важном промышленном значении двух типов уранового оруденения – *золото-серебро-молибден-уран-ванадиевого* и *золото-кобальт-уран-марганец-железистого*. Оба типа связаны с весьма крупными железорудными зонами большой протяженности на глубину и относятся к важным промышленным типам комплексного уранового и собственно уранового оруденения в железистых кварцитах и черносланцевых толщах протерозойского времени. Прогнозные ресурсы возможного уранового оруденения в Самарском грабене оцениваются на уровне 40 тыс. т урана [22].

Общие ресурсы урана Хинганской рудоносной области оцениваются в 200 тыс. т: в мезозойских эффузивах (160 тыс. т) и протерозой-кембрийских породах (40 тыс. т)

МЕЛЬГИНСКИЙ УРАНОНОСНЫЙ РАЙОН

Мельгинский рудный район расположен на правобережье р. Буреи, где представлен несколькими рудными узлами: в породах позднего протерозоя – в Мельгинским узком грабене северо-восточного простирания (длина 60 км, ширина 5–10 км) и в Туюно-Ниманском поперечном грабене северо-западного направления (длина 30 км, ширина 5–7 км). Складчатые и разрывные геологические структуры, как и рудоносные зоны, имеют простирание, согласное простиранию грабенов.

Фундамент ураноносных грабенов представлен архейскими двуслюдяными и силлиманит-кордиеритовыми гнейсами, амфиболитами и кварцитами урильской свиты и отдельными массивами гранитов. Породы подверглись интенсивному метаморфизму в условиях гранулитовой фации с развитием анатектических гнейсо-мигматитов и мигматит-гранитов [15]. В основании протерозойских грабенов залегают слюдяно-кварцевые и кварц-графитовые (углеродистые) сланцы, мраморы нятыгранской свиты нижнего рифея мощностью 1700 м и филлиты, кварциты, туфогравелиты, базальты туранской серии верхнего рифея, прорванные кивилийскими позднепротерозойскими гранитами. Породы основания перекрыты известняками, доломитами и филлитами мельгинской свиты венда мощностью 800 м, выше которых залегают углисто-глинистые и кварц-слюдяные сланцы, известняки, гравелиты чергиленской свиты нижнего кембрия мощностью 1300 м. Породы кембрия прорваны ордовикскими гранитами суларинского интрузивного комплекса. В отдельных мелких тектонических блоках залегают вулканогенно-терригенные породы нижнего девона.

Мельгинский грабен находится в окружении гранитов и гранодиоритов тырмо-буреинского комплекса средне-позднекарбонового возраста. Туюно-Ниманский грабен ограничен с востока метаморфитами архея, с запада – палеозойскими гранитами [9, 15]. Рассмотренные грабены ограничиваются по бортам крупными продольными разломами северо-восточного и северо-западного направления соответственно. Кроме того, они рассечены крупными разломами меридионального и широтного направления, проявленными чаще в скрытой форме и трассируемыми спрямленными отрезками рек и водоразделов (см. рис. 1, 4).

По результатам литогеохимического опробования наиболее повышенными (относительно кларка) содержаниями урана характеризуются кварц-серицитовые породы мельгинской свиты венда (6.6 г/т) и углеродистые кварц-графитовые сланцы нятыгранской свиты рифея – 23 г/т. Максимальные содержания урана установлены в гранитах суларинского комплекса – 7.9 г/т, а тория – в гранитах тырмо-буреинского комплекса – 21.6 г/т. Кроме урана, в районе присутствует олово-вольфрамовая, торий-редкоземельная и бериллиевая минерализация – месторождения Суларинское, Чергиленское и др. [42].

Урановая минерализация проявилась во всех комплексах пород протерозойских грабенов: в нятыгранской нижней свите, туранской, мельгинской и чергиленской свитах венд-кембрия и даже в самых верхних эффузивно-осадочных толщах девона с общей мощностью пород ураноносного разреза 3.8 км, что, несомненно, свидетельствует о чрезвычайно большом вертикальном размахе уранового оруденения.

В пределах рудоносных грабенов выделяются четыре рудных узла: Туюно-Ниманский узел в соответственном грабене северо-западного направления и три рудных узла в Мельгинском грабене (с юго-запада на северо-восток) – Суларинский, Чергиленский и Талибджанский (рис. 9).

Туюно-Ниманский рудный узел включает два месторождения – Молодежное и Узловое – и серию рудопроявлений, сосредоточенных в пределах двух рудоносных зон в бортах грабена – Алонкинской и Лукачекской. Алонкинская зона длиной 14 км

включает месторождение Молодежное и рудопроявления Темное, Северо-Западное, Молодежное-2, Медвежье. Лукачекская зона длиной 16 км, шириной 100–200 м, включает месторождение Узловое и проявления Лукачек, Маристое, Снежное и Ветвистое [13].

Алонкинская зона приурочена к песчаникам и конгломератам туранской серии рифея. Чередующиеся по простиранию и падению промышленно ураноносные жилообразные тела и линзы содержат уранинит и настуран в ассоциации с цирконом, ортитом, молибденитом, пиритом, пирротином. Месторождение Молодежное длиной 2.6 км, мощностью 2–27 м, представлено чередующимися линзами рудных тел, вскрытых скважинами до глубины 50–150 м от поверхности в крутопадающих зонах брекчий. Среднее содержание урана до 0.103 мас. % на мощность 0.7 м. Запасы урана в Молодежном месторождении по категории С-2 – 630 т, прогнозные ресурсы – 8–9 тыс. т, общий потенциал около 10 тыс. т [15].

В рудопроявлениях установлены богатые руды, с содержанием урана от долей процента до первых процентов, но они не разведаны. Учитывая большую длину бортовых продольных разломов (вдоль грабена) и, соответственно, вероятную большую глубину распространения оруденения – не менее 0.5 км, а также полную неразведанность рудных объектов на глубину, прогнозные ресурсы Алонкинской зоны можно оценить, как минимум, втрое больше, т.е. в 30 тыс.т.

Лукачекская рудоносная зона локализована в рифейской толще (песчаники, алевролиты, базальные конгломераты). Урановорудные тела локализуются в зонах дробления на контактах с пластами алевролитов и конгломератов. Главный минерал руд – уранинит, с ним ассоциируют флюорит и кальцит. Околорудные изменения: окварцевание, флюоритизация, сульфидизация [13]. Рудные объекты изучены крайне слабо, как и в Алонкинской рудной зоне. Учитывая большую длину рудной зоны и вероятную большую глубину распространения оруденения, не менее 0.5 км, прогнозные ресурсы рудной зоны оцениваются, как минимум, в 20 тыс. т. Общая минимальная оценка ресурсов урана Туюно-Ниманского рудного узла составляет 50 тыс. т до глубины 500 м от поверхности.

Суларинский рудный узел расположен на крайнем юго-западе Мельгинского грабена (см. рис. 9). Он характеризуется урановым, молибденовым и редкоземельным оруденением. К наиболее крупным объектам относятся Суларинское бериллий-торий-уран-редкоземельное месторождение, Суларинское урановое месторождение и ряд рудопроявлений урана, локализующихся в экзоконтактовой зоне гранитного массива длиной около 3 км [13, 42]. Ураноносный горизонт сложен слюдяно-кварцевыми и флогопит-пироксен-плагиоклазовыми сланцами

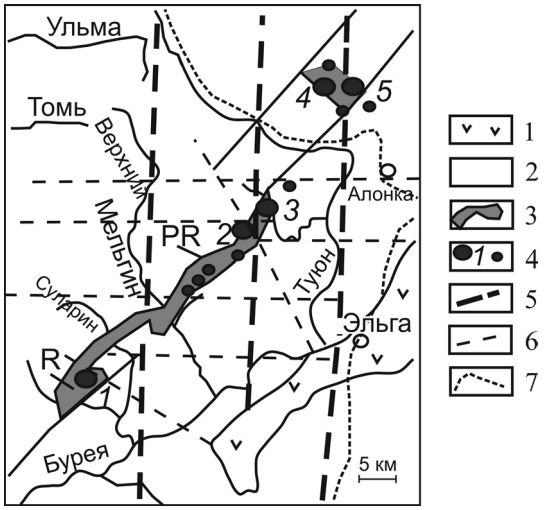

Рис. 9. Схематическая карта Мельгинского и Туюно-Ниманского грабенов с месторождениями и рудопроявлениями урана по [13], с упрощением.

1 – мезозойские андезиты; 2 – архей-протерозойские породы и палеозойские граниты; 3 – грабены: Мельгинский юго-западный и Туюно-Ниманский северо-восточный; 4 – месторождения урана: *1* – Суларинское, *2* – Осеннее, *3* – Сентябрьское, *4* – Узловое, *5* – Молодежное, рудопроявления урана (мелкие кружки); 5 – протерозой-мезозойские разломы; 6 – скрытые разломы фундамента, крупные; 7 – скрытые разломы фундамента, мелкие; 8 – железная дорога.

Fig. 9. Mel'ginsky and Tuyun-Nimanskiy grabens with uranium deposits and small ore bodies by [13] with simplification.

1 – Mesozoic andesites 2 – Archean-Proterozoic rocks and Paleozoic granites; 3 – grabens: Melginsky southwestern and Tuyun-Nimansky northeastern; 4 – uranium deposits: *1* – Sularinskoe, *2* – Osennee, *3* – Sentjabr'skoe, *4* – Uzlovoe, *5* – Molodezhnoe, small uranium ore bodies (small circles); 5 – Proterozoic-Mesozoic faults; 6 – hidden basement faults, large; 7 – hidden basement faults, small; 8 – railway.

чергиленской свиты нижнего кембрия, насыщенными тонкой вкрапленностью настурана и уранинита. В парагенезисе с ними присутствуют молибденит, пирит, пирротин, сфалерит и в большом количестве флюорит. Средняя мощность рудных тел – 20 м, среднее содержание урана – 0.1 максимальное – до 1 мас. % на мощность 3.45 м. Среднее содержание молибдена 0.29, максимальное – 1.88 мас. % на мощность 3.5 м. Месторождение вскрыто скважинами на глубину 80 м от поверхности (рис. 10). Структурная скважина на представленном разрезе не подтвердила наличие оруденения. Однако достоверность разреза, вскрытого этой скважиной, вызывает сомнение, поскольку скважина пробурена с большим выполаживанием. Такие скважины, как правило, значительно искривляются и отклоняются от линии профиля на 100–200 м; выход керна в них некондиционный (35–55%), геофизический каротаж выполнить невозможно [44].

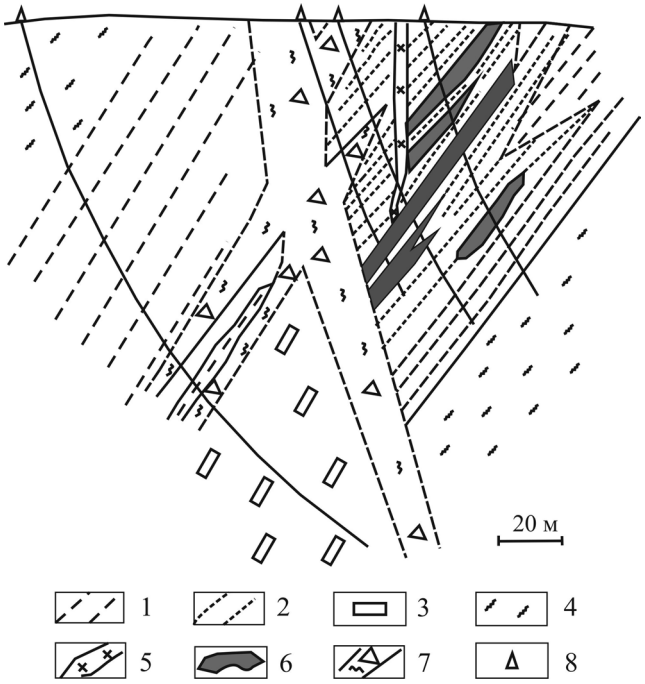

Рис. 10. Геологический разрез Суларинского месторождения по А.Г. Шендеровой, 1972 г. [13].

1 – флогопит-амфибол-плагиоклазовые сланцы, 2 – кварц-слюдистые сланцы, 3 – андалузит-ставролитовые сланцы, 4 – кварц-биотитовые сланцы, 5 – дайка диоритовых порфиритов, 6 – урановорудные тела, 7 – разломы, 8 – скважины колонкового бурения.

Fig. 10. Geological section of the Sularinskoe deposit by A.G. Shenderova, 1972 [13].

1 – phlogopite-amphibole-plagioclase schists, 2 – quartz-mica schists, 3 – andalusite-staurolite schists, 4 – quartz-biotite schists, 5 – diorite porphyry dike, 6 – uranium ore body, 7 – faults, 8 – hole core drilling.

Учитывая вероятную глубину распространения оруденения до 0.5–1 км, наличие богатых руд и контрастный литологический разрез месторождения на глубину, можно прогнозировать, что ресурсы его могут быть значительными. Но в связи с отсутствием других разрезов по месторождению и плана поверхности месторождения учитываются только ресурсы урана до подтвержденной скважинами глубины 80 м. При общей длине рудной зоны 3 км, средней мощности 20 м и среднем содержании урана 0.1 мас. % ресурсы урана составят до глубины 80 м – 12 тыс. т.

Чергиленский рудный узел расположен в центральной части Мельгинского грабена. Он представлен рудопроявлениями урана и комплексным Чергиленским бериллий-уран-редкоземельным месторождением, локализованными в рудной зоне вдоль экзоконтакта гранитного массива протяженностью около 8 км (см. рис. 9). Рудные объекты сосредоточены в карбонатных породах мельгинской свиты венда, в экзоконтактовой части позднепалеозойского массива гранитов и самом массиве. Рудные тела представлены альбитовыми и слюдисто-карбонатными метасоматитами, амфибол-кварц-полевошпатовыми жилами и зонами дробления. Протяженность рудовмещающих тел метасоматитов и жил составляет первые сотни метров, мощность – 1–68 м, содержания урана – доли процента, тория – 0.05–0.6%. Рудные минералы представлены бастнезитом, абукумалитом (иттрий содержащий бритолит), торитом, уранинитом, иногда хризобериллом. Часто присутствует флюорит. Когда абукумалит преобладает в составе альбитовых метасоматитов, содержания урана достигают (мас. %) 0.575, тория – 6.33, редких земель (церий, гадолиний, лантан, иттрий) – 0.1–0.8, иногда 5.5 [13].

Чергиленское месторождение приурочено к контакту известняков с гранитным массивом сложного состава, включающим граниты, сиенит-диориты, сиенит-порфиры и серию даек диабазовых и диоритовых порфиритов. Рудное поле вытянуто в северо-восточном направлении на 4 км. В его пределах установлено 20 рудных тел линзовидной формы. Наиболее крупное тело имеет протяженность 480 м при средней мощности 26 м. По составу рудные тела представлены альбититами, скарнами и апоскарновыми эпидот-актинолит-кальцитовыми породами (кальцифирами). Рудные минералы представлены цирконом, бастнезитом, ферриураноторитом. Нерудные – флюорит, апатит, фенакит, хризоберилл, форстерит, литиевые слюды. Содержание окиси бериллия в рудах 0.1, сумма редких земель до 0.8 мас.% [42].

Учитывая большую длину рудной зоны (8 км), большое число рудопроявлений урана в ней, в том числе с богатыми рудами, и большую мощность рудовмещающей мельгинской свиты известняков, можно прогнозировать глубину оруденения до 500 м от поверхности. При условной суммарной длине урановосных тел 4 км, средней мощности их 3 м и среднем содержании урана 0.1 мас. % прогнозные ресурсы урана до глубины 500 м составят 15 тыс. т. Ресурсы бериллия оцениваются в 20 тыс. т, ресурсы редких земель цериевой группы – около 10–30 тыс. т. Очень важно, что в составе редкоземельных минералов присутствует в существенном количестве иттрий. Это весьма востребованный элемент для изготовления иттриевых лазеров в военной промышленности [47].

Талибджанский рудный узел находится в северо-восточной, крайней, части Мельгинского грабена, в породах нижней нятыгранской свиты. Рудное поле вытянуто на расстояние более 10 км вдоль крупного регионального разлома, следующего вдоль западного борта грабена в экзоконтактовой части палеозойского массива гранитов. В рудном поле установлено два урановых месторождения – Осеннее и Сентябрьское – и несколько рудопроявлений урана.

Рудные тела приурочены к крутопадающим разломам, в которых брекчированные и трещиноватые породы метасоматически окварцованы и минерализованы. Рудовмещающие структуры отдельных рудных объектов характеризуются выдержанностью на расстоянии до 2 км при мощности до 5–6 м. Рудные тела имеют линзовидную и жилообразную форму. Содержания урана находятся на уровне рядовых, между линзами – понижаются до бедных. Оруденелые брекчии часто имеют хлорит-актинолит-кварцевый состав. Урановые минералы – уранинит и браннерит. Совместно с ними присутствуют молибденит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит [13].

Учитывая большую мощность пород нятыгранской свиты (1700 м) и вероятную большую глубину рудоконтролирующего крупного разлома, распространение оруденения можно прогнозировать до глубины не менее 0.5 км. При условно принятой суммарной длине рудных тел 5 км, средней мощности 5 м и среднем содержании урана 0.1 мас. % прогнозные ресурсы до глубины 500 м оцениваются в 25 тыс. т.

Общие ресурсы урана в четырех рудных узлах Мельгинского района прогнозируются в количестве 102 тыс. т: Туюно-Ниманский узел – 50 тыс. т, Суларинский узел – 12 тыс. т, Чергиленский узел – 15 тыс. т, Талибджанский узел – 25 тыс. т. Ресурсы редкоземельных металлов цериевой группы с преобладанием иттрия – 10–30 тыс. т, ресурсы бериллия – 20 тыс. т.

Общие ресурсы урана в трех крупных рудных районах Буреино-Ханкайского кратона оцениваются в 500 тыс. т, в том числе Синегорский район – 200, Хинганская область – 200, Мельгинский район – 100 тыс. т.

Ресурсы редкоземельных металлов с преобладанием иттрия – 10–30, ресурсы бериллия – 20 тыс. т.

ОБСУЖДЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ УРАНОНОСНОСТИ

Буреино-Ханкайская урановая провинция, рассмотренная в данном сообщении, характеризуется двумя крупными урановыми районами и урановой областью, установленными в самый ранний период широкомасштабных геологических исследований на уран – в 50–60-е гг. XX в. Таким образом, эффективность массовых поисков урана, проведенных в то время, оказалась весьма высокой. В короткие сроки удалось обнаружить и опоисковать огромное число геохимических аномалий урана, рудопроявлений и даже отдельных относительно крупных объектов, названных месторождениями. Но геолого-поисковые и геолого-оценочные работы были быстро прекращены в связи с открытием близповерхностных и богатых месторождений урана в других регионах страны. Фактически все рассмотренные рудные объекты были обнаружены и охарактеризованы исключительно по данным поверхностных геолого-поисковых работ. Только месторождения в Синегорском рудном районе были изучены с помощью буровых скважин до глубины 400–600 м (хотя запасы урана не указаны и не утверждены в ГКЗ СССР). Следует отметить, что буровые скважины были пробурены по редкой сети, подземные горные выработки вообще не использовались и все месторождения остались недоизученными на глубину. Сейчас данными отработки и глубокой разведки доказано, что урановое оруденение вулканогенных и протерозойских впадин простирается на глубину 1.0–1.6 км [30, 45].

Единственным месторождением в этой огромной урановой провинции, разведанные запасы которого утверждены в ГКЗ СССР, является месторождение Ласточка в Хинганской рудоносной области. Но и это месторождение осталось недоразведанным, как показано в данной работе, что подтверждается, в частности, крупными размерами прогнозных ресурсов в нем – порядка 20 тыс. т [30]. Оно разведано всего лишь до глубины 150 м, вертикальный рудоподводящий канал оказался необнаруженным и неизученным, главное структурно-стратиграфическое несогласие – подошва вулканогенной впадины с породами древнего фундамента (на глубине 0.8–1.0 км) – скважинами не вскрыта. Между тем вертикальные рудоподводящие разломы-каналы с промышленным оруденением характерны для многих месторождений урана Стрельцовского урановорудного района [34, 37].

Все другие месторождения Хинганской области и Мельгинского района вскрыты скважинами лишь до глубин 80–150 м от поверхности, а рудопроявления – до глубин 50–80 м.

Еще один существенный недостаток проведенных работ – отсутствие применения подземных горных выработок при оценке и разведке месторождений. Лишь на месторождении Ласточка пройдена штольня с рассечками [4]. Месторождения урана относятся по Классификации запасов, как правило, к 3-й группе сложности и изменчивости мощности. Применение подземных выработок при разведке месторождений урана и скважин подземного бурения – обязательное современное требование, обеспечивающее достоверную увязку рудных интервалов по скважинам [24]. В качестве примера можно привести разрез по урановому месторождению Горному в Забайкалье (рис. 11).

Проблема выбора направлений работ на уран сейчас стала актуальной в связи с приближающимся завершением отработки месторождений Стрельцовского района и трудностью промышленного освоения Эльконского золото-уранового района, расположенного на севере. Предложения некоторых авторов по освоению Учуро-Майского урановоносного района [12], расположенного еще далее

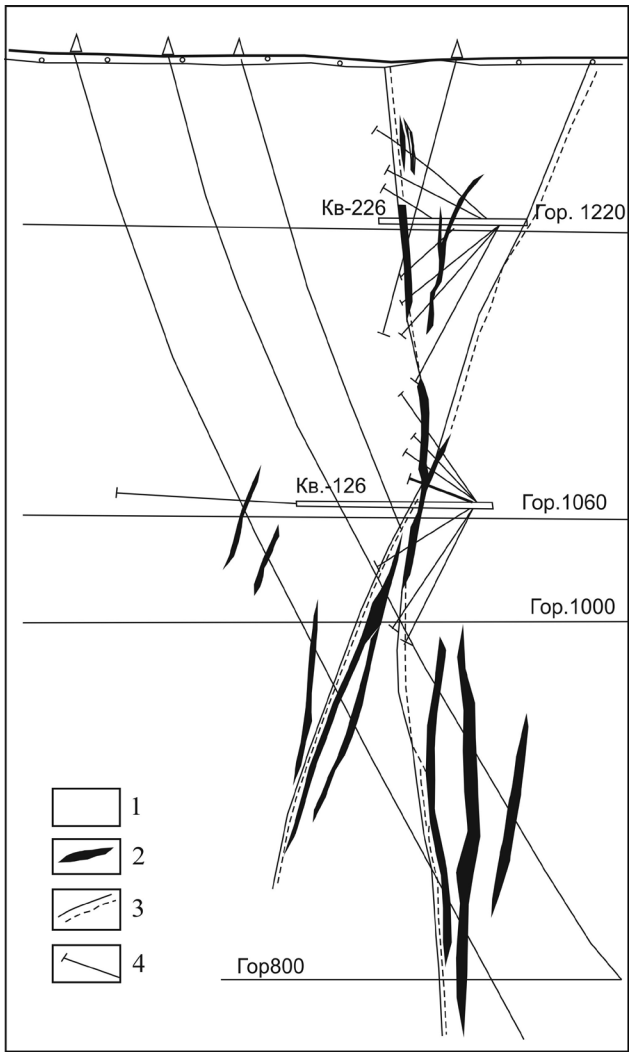

Рис. 11. Разрез месторождения Горного по [4], с упрощением.

1 – вмещающие породы, 2 – урановорудные тела, 3 – разрывные нарушения, 4 – скважины наземного и подземного бурения.

Fig. 11. Geological section of the Gornoe deposit by [4] with the simplification.

1 – host rocks, 2 – uranium ore body, 3 – faults, 4 – the wells of surface and underground drilling.

к северу, на абсолютно не освоенной территории, нельзя пока признать оправданными.

Урановые районы Буреино-Ханкайской провинции находятся в чрезвычайно благоприятной географо-экономической обстановке – на территории юга страны с полностью сложившейся инфраструктурой: имеются железные дороги, крупные города и поселки, системы энергоснабжения. Эта территория – наиболее перспективна для проведения широкомасштабных геологоразведочных работ на уран в ближайшей перспективе, что признают и другие исследователи [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Буреино-Ханкайская урановорудная провинция – одна из важнейших урановорудных провинций России в настоящее время. Она была выявлена и изучена в самый ранний период проведения массовых поисков урана в нашей стране – в 50–60-е гг. XX в. В этой провинции установлено два крупных урановорудных района – Синегорский, Мельгинский и Хинганская урановорудная область. В пределах указанных районов было выявлено много геохимических аномалий, рудопроявлений и отдельных месторождений, залегающих в рифей-раннепалеозойских осадочных породах протерозойских впадин-грабенов, а в Хинганской рудоносной области обнаружены также перспективные мезозойские вулканогенные грабены.

Рудоносные районы и отдельные рудные узлы залегают в весьма благоприятных геолого-тектонических условиях – в прибортовых частях крупных шовных грабенов среди пород архей-протерозойского фундамента, контролируемых крупными глубинными разломами, в рудовмещающих углисто-глинистых (и графитистых), карбонатных, альбититовых, скарновых и железорудных толщах пород. Отдельные рудоносные грабены и горсты (в том числе мезозойские вулканоструктуры) локализованы на участках пересечения региональных и трансрегиональных разломов, что может предопределять глубокую протяженность рудоконтролирующих структур – до 1.5 км – и возможность формирования крупных промышленных скоплений урана [3, 11, 12, 30].

Двухъярусное строение рудных районов и отдельных узлов, с верхним вулканогенным или терригенно-карбонатным чехлом (рифей-нижний кембрий) и нижним архей-протерозойским фундаментом, предопределяет широкое развитие в рудных районах крупных структурно-стратиграфических несогласий на глубинах от 0.6–0.8 до 1.2–1.5 км, в пределах которых возможна локализация богатых крупных рудных тел. Рудовмещающие осадочные породы отличаются повышенной радиогеохимической специализацией в пределах всего геологического разреза (мощностью до 3.8 км), как и магматические породы разного возраста (рифей–мезозой) и калиевой направленности, что обусловило высокую плотность наложенного уранового оруденения в протерозойских и мезозойских грабенах и что характерно для крупных урановых районов мира [30].

В связи с быстрой приостановкой геологоразведочных работ в данном регионе геологическая изученность выявленных месторождений и рудопроявлений урана крайне низкая. Они вскрыты на глубину только скважинами и только до 80–150 м от поверхности, за редким исключением – до 400–600 м (месторождения Синегорского района). На глубину оруденение не оконтурено. В ГКЗ СССР запасы утверждены только по месторождению Ласточ-

ка (Яуринский район), но и оно нуждается в доразведке по причине крупных ресурсов (20–40 тыс. т).

Прогнозные ресурсы урана до вероятной глубины распространения оруденения, порядка 0.5–1.0 км, оцениваются по Синегорскому району в 200 тыс. т, по Хинганской области – в 200 тыс. т, по Мельгинскому району – в 102 тыс. т, всего 502 тыс. т.

В Мельгинском районе определены также ресурсы редкоземельных металлов с преобладанием иттрия – 10–30 тыс. т и ресурсы бериллия – 20 тыс. т.

В связи с приближающимся завершением отработки месторождений урана Стрельцовского района Буреино-Ханкайская урароносная провинция – наиболее перспективная провинция России для начала широкомасштабных геологоразведочных работ на месторождениях и подготовки их к промышленному освоению.

Первоочередными для проведения геологического доизучения и разведки месторождений и перспективных рудопроявлений являются Яуринский урароносный район Хинганской рудоносной области с крупными ресурсами урана (160 тыс. т), сходный по геологическим условиям локализации оруденения со Стрельцовским урароносным районом Забайкалья**,** *и крупный Синегорский урароносный район Приморья (с ресурсами 200 тыс. т),* близкий по геологической обстановке к Эльконскому урановому району Якутии. Оба района находятся в весьма благоприятных географо-экономических условиях – вблизи железных дорог, в окружении городов и крупных поселков.

Автор глубоко признателен рецензенту за всестороннюю и доброжелательную рецензию статьи, способствовавшею устранению серии недоработок и значительному повышению ясности изложения достаточно сложной разносторонней проблемы, касающейся геологии и металлогении разномасштабных урароносных объектов и степени их разведанности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-05-96044) и проекта ХНЦ ДВО РАН "Исследование генезиса платина-никель-медь-уран-золотого оруденения в рифейских черносланцевых толщах Еврейской автономной области, сопровождающего крупные железорудные зоны, для комплексного использования руд", по заказу правительства Еврейской автономной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анерт Э.Э. (1928) Богатства недр Дальнего Востока. Хабаровск; Владивосток: Книж. дело, 930 с.
2. Атрашенко А.Ф., Беломестнова Т.Д., Жевержеева М.К. (2001) Государственная геологическая карта масштаба 1 : 200 000. Листы M-52-XXXV, XXXVI (Еврейская автономная область). Хабаровск.
3. Афанасьев Г.В., Миронов Ю.Б., Пинский Э.М. (2014) Урановые провинции мира. *Регион. геология и металлогения.* **58**, 91–99.
4. Бавлов В.Н., Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н. (2007) О возможностях освоения резервных урановых месторождений России. *Разведка и охрана недр*. (11), 2–14.
5. Бойцов А.В., Шумилин М.В. (2010) Новые открытия урановых месторождений и конъюнктура мирового рынка уранового сырья. *Минеральные ресурсы России*. (6), 63–67.
6. Геологическая карта Еврейской автономной области масштаба 1 : 1 000 000 (2003). Составители: А.Ф. Васькин, Л.И. Шаруева. Хабаровск: Хабаровскгеология.
7. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий масштаба 1 : 2 500 000 (1999). Лист 2. Редакторы Л.И. Красный, Пэн Юнь Бяо. Харбин; Благовещенск; СПб.
8. Геологическая карта Приморского края масштаба 1 : 1 000 000 (1986). Составил Л.Ф. Назаренко. Редакторы: В.А. Баженов, Ю.Н. Олейник. Владивосток: Приморскгеология.
9. Геологическая карта Хабаровского края и Амурской области масштаба 1 : 2 500 000 (1991). Объяснительная записка. Составители: М.В. Мартынюк, А.Ф. Васькин, А.С. Вольский и др. Хабаровск: Дальгеология, 51 с.
10. Геологический словарь. Т. 1 (1978). М.: Недра, 486 с.
11. Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений (1974). М.А. Фаворская, Б.А. Баскина, Н.А. Шилин и др. М.: Недра, 193 с.
12. Горошко М.В., Гильманова Г.З. (2014) Основные черты металлогении мезо-неопротерозойских впадин и прогибов докембрийских платформ мира. *Литосфера*. (5), 71–89.
13. Горошко М.В., Кириллов В.Е., Малышев Ю.Ф. (2006) Металлогения урана Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 350 с.
14. Горошко М.В., Чеканцев Н.К. (2001) Урароносность Южно-Синегорского рудного района в Приморье. *Тихоокеан. геология*. **10** (4), 19–30.
15. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист M-53-Хабаровск. Объяснительная записка. (2009) Составители: А.Ф. Васькин, В.А. Дымович, А.Ф. Атрашенко и др. СПб., 376 с.
16. Гурская Л.И. (2000) Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 208 с.
17. Жирнов А.М. (1997) Региональный прогноз золотых и золото-урановых объектов на юге Буреинского кратона. *Отеч. геология*. (2), 23–31.
18. Жирнов А.М. (1998) Малый Хинган – золото-многометальный регион Дальнего Востока. Обзорная информация. М.: Геоинформмарк, 55 с.
19. Жирнов А.М. (2012) Металлогения золота Дальнего Востока, на линеаментно-плюмовой основе. Владивосток: Дальнаука, 248 с.
20. Жирнов А.М. (2014) Роль узловых сочленений региональных разломов для локализации крупномасштабного оруденения Среднего Приамурья. *Вестн. СВНЦ ДВО РАН*. (4), 3–16.
21. Жирнов А.М. (2014) О перспективах урароносности

Синегорского золото-урановорудного района Дальнего Востока. *Минеральные ресурсы России.* (5), 24–29.
22. Жирнов А.М**.,** Горошко М.В., Моисеенко Н.В. (2012) Южно-Хинганский золото-железорудный гигант в протерозойском грабене Буреинского кратона. *Вестн. СВНЦ ДВО РАН*. (2), 2–10.
23. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И.. Емельянова Т.А. (2000) Проблемы геологии и алмазоносности зоны перехода континент-океан. Япономорский и Желтоморский регионы. Владивосток: Дальнаука, 326 с.
24. Каждан А.Б. (1985) Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 288 с.
25. Карсаков Л.П., Змиевский Ю.П. (1990) Докембрийские комплексы Буреинского массива. *Стратиграфия нижнего докембрия Дальнего Востока.* Владивосток: ДВО АН СССР, 19–30.
26. Котов Е.И., Малов В.С., Звездинская Л.В. (1995) Иттрий-редкоземельная минерализация Стрельцовского урановорудного района (Восточное Забайкалье, Россия). *Геол. рудн. месторождений*. **37**. (1), 67–76.
27. Кривцов А.И., Яковлев П.Д. (1991) Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности. М.: Недра, 383 с.
28. Лови Б.И. (1961) Интрузивные комплексы Малого Хингана. *Структурное районирование, история геологического развития и магматизм Малого Хингана*. Сб. науч. статей. Новая серия. ВСЕГЕИ. **55**, 55–122.
29. Маракушев А.А. (1968) Особенности метаморфизма древних толщ на Дальнем Востоке. *Особенности магматизма и метаморфизма на Советском Дальнем Востоке*. М.: Наука, 32–47.
30. Машковцев Г.А., Кисляков Я.М., Мигута А.К., Модников И.С., Щеточкин В.Н. (1995) Предпосылки формирования крупных гидротермальных и экзогенно-эпигенетических урановых месторождений. *Геол. руд. месторождений*. **37** (6), 467–481.
31. Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н., Константинов А.К. (2013) Ресурсная база урана. Проблемы развития и освоения. *Минеральные ресурсы России*. (5), 81–91.
32. Мельников Е.К., Петров Ю.В., Савицкий А.В. (1992) Новый район с месторождениями богатых комплексных руд в Южной Карелии. *Разведка и охрана недр*. (5), 15–19.
33. Мигута А.К., Пакульнис Г.В. (1994) Урановое и комплексное рудообразование в протерозойских впадинах. *Отеч. геология*. (5), 24–32.
34. Миронов Ю. Б. (2009) Особенности формирования и размещения крупных эндогенных урановых и комплексных месторождений. *Регион. геология и металлогения*. **38**, 70–81.
35. Онихимовский В.В., Беломестных Ю.С. (1996) Полезные ископаемые Хабаровского края. Хабаровск: Дальгеоцентр, 496 с.
36. Онухов Ф.С., Бормотов В.А., Алексеенко Л.С., Рыбас О.В. (2009) Основные черты дизъюнктивной тектоники Восточной Азии: анализ радарного космоснимка. *Тектоника и глубинное строение Востока Азии*: *VI Косыгинские чтения*. Хабаровск: ИГиГ. 71–74
37. Петров В.А., Андреева О.В., Полуэктов В.В. (2014) Влияние петрофизических свойств и деформаций пород на вертикальную зональность метасоматитов в урановосных вулканических структурах (на примере Стрельцовской кальдеры, Забайкалье). *Геол. рудн. месторождений*. **56** (2), 95–117.
38. Радкевич Е.А., Жирнов А.М., Малышев Ю.Ф., Сахъянов Л.О., Степанов О.А. (1990) Меридиональные металлогенические пояса Дальнего Востока. *Тихоокеан. геология*. (6), 25–35.
39. Родионов С.М., Роганов Г.В. (2006) Минеральное фосфатное сырье Дальнего Востока и проблемы его освоения. *Тихоокеан. геология*. (1), 81–89.
40. Симаненко Л.Ф., Хомич В.Г., Лотина А.А. (2001) Состав и морфологические особенности россыпного золота Синегорского рудного района в связи с проблемой коренных источников. *Генезис месторождений золота и методы добычи благородных металлов*. Благовещенск: АмурНЦ, ДВО РАН, 132–134.
41. Тарханов А.В. (2001) Возможности использования принципа аналогии при прогнозировании месторождений урана на примере Центрально-Украинской урановорудной провинции. *Отеч. геология*. (5), 43–50.
42. Усанов Г.Е. (1973). Редкие металлы и рассеянные элементы Буреинского массива. *Геология СССР. Т. XIX. Хабаровский край и Амурская область*. *Ч. II. Полезные ископаемые*. М.: Недра, 245–250.
43. Чеботарев М.В. (1958) Геологическое строение Южно-Хинганского марганцевого месторождения и вещественный состав его руд. *Сов. геология*. (8), 114–136.
44. Чудинов Ю.И., Бакаев Г.А. (1998) Резервы повышения эффективности поисков глубокозалегающих руд. *Разведка и охрана недр*. (8), 18–24.
45. Шатков Г.А. (2013) Актуальность концепции автономной активизации на современном этапе металлогенических исследований. *Регион. геология и металлогения*. **55**, 77–86.
46. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. (1985) Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 324 с.
47. Яковлев П.Д. (1986) Промышленные типы рудных месторождений. М.: Недра, 358 с.

Localization's factors and forecasts of uranium mineralization in the Proterozoic and Mesozoic grabens of Bureja-Khanka Craton (the Far East)

A. M. Zhirnov

Institute for Complex Analysis of Regional Problems, Far East Branch of RAS

Bureja-Khanka uranium-bearing province is one of the long ago determined uranium provinces of Russia. Opening its and first geological prospecting and geological exploration for uranium-bearing objects of the territory took place in the early fifties of XX century. It was the initial stage of large-scale geological studies for uranium, when in a short time it was discovered many uranium deposits and uranium-bearing areas in different regions of the USSR. In Bureja-Khanka region were identified three major uranium-bearing area and a series of separate deposits of uranium. However, with the simultaneous opening of richer uranium-bearing areas, geological exploration for uranium within the study region were suspended. Therefore, many deposits and occurrences of uranium remained unexplored or opened only from the surface. Currently, the problem of opening new industrial deposits in Russia has become very topical again, since large deposits of uranium in the Streltsovsky area is being finalized, and large gold-uranium deposits Elkon area have many complex geographical and economic problems, and not demand by industry. The major uranium-bearing areas of Bureia-Khanka region are in favorable geography-economic conditions and they have considerable interest for industry companies.

Key words: *Far East, Bureja-Khanka Craton, uranium-bearing areas, unexplored fields, geological prospecting.*

REFERENCES

1. Anert Je.Je. (1928) Bogatstva nedr Dal'nego Vostoka [Far East Wealth bowels.]. Habarovsk-Vladivostok: Knizhnoe delo, 930 s. (in Russian)
2. Atrashenko A.F., Belomestnova T.D., Zheverzheeva M.K. (2001) Gosudarstvennaja geologicheskaja karta masshtaba 1 : 200 000. Listy M-52-XXXV, XXXVI (Evrejskaja avtonomnaja oblast') [State geological map of scale 1: 200 000. Sheets of M-52-XXXV, XXXVI (Jewish Autonomous Region)]. Khabarovsk. (in Russian)
3. Afanas'ev G.V., Mironov Ju.B., Pinskij Je.M. (2014) Uranovye provintsii mira [World Uranium Province]. *Regional'naja geologija i metallogenija*. **58**, 91–99. (in Russian)
4. Bavlov V.N., Mashkovtsev G.A., Miguta A.K., Shchetochkin V.N. (2007) O vozmozhnostjakh osvoenija rezervnykh uranovykh mestorozhdenij Rossii [On the possibilities of the development of the reserve of uranium deposits in Russia]. *Razvedka i ohrana nedr.* (11), 2–14. (in Russian)
5. Bojtsov A.V., Shumilin M.V. (2010) Novye otkrytija uranovykh mestorozhdenij i kon"junktura mirovogo rynka uranovogo syr'ja [New discoveries of uranium deposits and the situation on the world uranium market of raw materials]. *Mineral'nye resursy Rossii.* (6), 63–67. (in Russian)
6. Geologicheskaja karta Evrejskoj avtonomnoj oblasti masshtaba 1 : 1 000 000 (2003) [Geological map of the Jewish Autonomous Region, scale 1: 1 000 000 (2003)]. Sostaviteli: A.F. Vas'kin, L.I. Sharueva. Khabarovsk: Khabarovskgeologija. (in Russian)
7. Geologicheskaja karta Priamur'ja i sopredel'nykh territorij masshtaba 1 : 2 500 000 List 2. (1999). Redaktory L.I. Krasnyj, Pjen Jun' Bjao. [Geological Map of the Amur region and adjacent areas, scale 1: 2 500 000 (1999). Sheet 2.]. Harbin; Blagoveshhensk; St.-Petersburg. (in Russian)
8. Geologicheskaja karta Primorskogo kraja masshtaba 1 : 1 000 000 [Geological map of the Primorsky Territory, scale 1: 1 000 000] (1986). Sostavil L.F. Nazarenko. Redaktory: V.A. Bazhenov, Ju.N. Olejnik. Vladivostok: Primorskgeologija. (in Russian)
9. Geologicheskaja karta Khabarovskogo kraja i Amurskoj oblasti masshtaba 1 : 2 500 000 (1991) Ob"jasnitel'naja zapiska. Sostaviteli: M.V. Martynjuk, A.F. Vas'kin, A.S. Vol'skij i dr. [Geological map of the Khabarovsk Territory and Amur region, scale 1: 2 500 000] Khabarovsk: Dal'geologija, 51 s. (in Russian)
10. Geologicheskij slovar' [Geological dictionary]. T. 1 (1978). Moscow: Nedra, 486 s. (in Russian)
11. Global'nye zakonomernosti razmeshchenija krupnykh rudnykh mestorozhdenij (1974). M.A. Favorskaja, B.A. Baskina, N.A. Shilin i dr. [Global patterns of distribution of large ore deposits] Moscow: Nedra, 193 s. (in Russian)
12. Goroshko M.V., Gil'manova G.Z. (2014) Osnovnye cherty metallogenii mezo-neoproterozojskikh vpadin i progibov dokembrijskikh platform mira [The main features of metallogenic Meso-Neoproterozoic basins and troughs World Precambrian platforms]. *Litosfera*. (5), 71–89. (in Russian)
13. Goroshko M.V., Kirillov V.E., Malyshev Ju.F. (2006) Metallogenija urana Dal'nego Vostoka [Metallogeny uranium Far East]. Vladivostok: Dal'nauka, 350 s. (in Russian)
14. Goroshko M.V., Chekantsev N.K. (2001) Uranonosnost' Juzhno-Sinegorskogo rudnogo rajona v Primor'e [Of uranium-bearing South Sinegorsk ore district in the Primorye Territory]. Tihookeanskaja geologija. **10** (4), 19–30. (in Russian)
15. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000. Tret'e pokolenie. Serija Dal'nevostochnaja. List M-53-Khabarovsk. Ob"jasnitel'naja zapiska (2009) Sostaviteli: A.F. Vas'kin,

V.A. Dymovich, A.F. Atrashenko i dr. [State Geological Russian Federation map scale of 1: 1 million third generation. A series of Far East. Sheet M-53 Khabarovsk. Explanatory letter]. St-Petersburg, 376 s. (in Russian)
16. Gurskaja L.I. (2000) Platinometall'noe orudenenie chernoslancevogo tipa i kriterii ego prognozirovanija [PGE mineralization in black shale type and criteria of its prediction]. St-Petersburg: VSEGEI, 208 s. (in Russian)
17. Zhirnov A.M. (1997) Regional'nyj prognoz zolotykh i zoloto-uranovyh ob"ektov na juge Bureinskogo kratona [The regional forecast gold and gold-uranium facilities in the south of the Bureya craton]. Otechestvennaja geologija. (2), 23–31. (in Russian)
18. Zhirnov A.M. (1998) Malyj Hingan – zoloto-mnogometal'nyj region Dal'nego Vostoka. Obzornaja informacija [Small Hinggan – gold-mnogometalny region of the Far East. Overview]. Moscow: Geoinformmark, 55 s. (in Russian)
19. Zhirnov A.M. (2012) Metallogenija zolota Dal'nego Vostoka na lineamentno-pljumovoj osnove [Gold metallogeny of the Far East, on the basis of lineament-plume]. Vladivostok: Dal'nauka, 248 s. (in Russian)
20. Zhirnov A.M. (2014) Rol' uzlovykh sochlenenij regional'nykh razlomov dlja lokalizacii krupnomasshtabnogo orudenenija Srednego Priamur'ja [The role of nodal joints regional faults for large-scale localization of mineralization of the Middle Amur region]. *Vestnik SVNTs DVO RAN.* (4), 3–16. (in Russian)
21. Zhirnov A.M. (2014) O perspektivakh uranonosnosti Sinegorskogo zoloto-uranovorudnogo rajona Dal'nego Vostoka [On the prospects of uranium-bearing Sinegorsk gold and uranium ore district of the Far East]. *Mineral'nye resursy Rossii.* (5), 24–29. (in Russian)
22. Zhirnov A.M., Goroshko M.V., Moiseenko N.V. (2012) Juzhno-Khinganskij zoloto-zhelezorudnyj gigant v proterozojskom grabene Bureinskogo kratona [South Khingansky gold-iron ore into giant Proterozoic graben of Bureya craton]. *Vestnik SVNTs DVO RAN*. (2), 2–10. (in Russian)
23. Izosov L.A., Konovalov Ju.I., Emel'janova T.A. (2000) Problemy geologii i almazonosnosti zony perekhoda kontinent-okean. Japonomorskij i Zheltomorskij regiony [Problems of geology and diamond bearing band transition continent-ocean. Sea of Japan and Zheltomorsky regions]. Vladivostok: Dal'nauka, 326 s. (in Russian)
24. Kazhdan A.B. (1985) Poiski i razvedka mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh [Search and exploration of mineral deposits]. Moscow: Nedra, 288 s. (in Russian)
25. Karsakov L.P., Zmievskij Ju.P. (1990) Dokembrijskie kompleksy Bureinskogo massiva [Precambrian complexes Bureya massif]. *Stratigrafija nizhnego dokembrija Dal'nego Vostoka.* Vladivostok: DVO AN SSSR, 19–30. (in Russian)
26. Kotov E.I., Malov V.S., Zvezdinskaja L.V. (1995) Ittrij-redkozemel'naja mineralizacija Strel'tsovskogo uranovorudnogo rajona (Vostochnoe Zabajkal'e, Rossija) [Yttrium-REE mineralization Streltsovsky uranium ore district (Eastern Transbaikalia, Russia)]. *Geologija rudnykh mestorozhdenij*. **37**. (1), 67–76. (in Russian)
27. Krivtsov A.I., Jakovlev P.D. (1991) Struktury rudnykh polej i mestorozhdenij, metallogenija i prognoz rudonosnosti [The structures of ore fields and deposits, metallogeny and ore content prognosis]. Moscow: Nedra, 383 s. (in Russian)
28. Lovi B.I. (1961) Intruzivnye kompleksy Malogo Khingana [Intrusive complex Lesser Khinggan]. *Strukturnoe rajonirovanie, istorija geologicheskogo razvitija i magmatizm Malogo Khingana*. Sbornik nauchnykh statej. Novaja serija. VSEGEI. **55**, 55–122. (in Russian)
29. Marakushev A.A. (1968) Osobennosti metamorfizma drevnikh tolshch na Dal'nem Vostoke [Features of the ancient metamorphic strata of Far East]. *Osobennosti magmatizma i metamorfizma na Sovetskom Dal'nem Vostoke.* Moscow: Nauka, 32–47. (in Russian)
30. Mashkovtsev G.A., Kisljakov Ja.M., Miguta A.K., Modnikov I.S., Shchetochkin V.N. (1995) Predposylki formirovanija krupnykh gidrotermal'nykh i ekzogenno-epigeneticheskikh uranovykh mestorozhdenij [Background of the formation of large hydrothermal and exogenous epigenetic uranium deposits]. *Geologija rudnykh mestorozhdenij*. 37 (6), 467–481. (in Russian)
31. Mashkovtsev G.A., Miguta A.K., Shchetochkin V.N., Konstantinov A.K. (2013) Resursnaja baza urana. Problemy razvitija i osvoenija [Uranium resource base. Problems of development and exploration]. *Mineral'nye resursy Rossii.* (5), 81–91. (in Russian)
32. Mel'nikov E.K., Petrov Ju.V., Savitskij A.V. (1992) Novyj rajon s mestorozhdenijami bogatykh kompleksnykh rud v Juzhnoj Karelii [A new district with rich deposits of complex ores in South Karelia]. *Razvedka i ohrana nedr.* (5), 15–19. (in Russian)
33. Miguta A.K., Pakul'nis G.V. (1994) Uranovoe i kompleksnoe rudoobrazovanie v proterozojskikh vpadinakh [Uranium and complex mineralization in Proterozoic basins]. *Otechestvennaja geologija.* (5), 24–32. (in Russian)
34. Mironov Ju. B. (2009) Osobennosti formirovanija i razmeshhenija krupnykh endogennykh uranovykh i kompleksnykh mestorozhdenij [Features of formation and placing of large and complex endogenous uranium deposits]. *Regional'naja geologija i metallogenija*. **38**, 70–81. (in Russian)
35. Onihimovskij V.V., Belomestnykh Ju.S. (1996) Poleznye iskopaemye Khabarovskogo kraja [Minerals of the Khabarovsk Territory]. Khabarovsk: Dal'geocentr, 496 s. (in Russian)
36. Onukhov F.S., Bormotov V.A., Alekseenko L.S., Rybas O.V. (2009) Osnovnye cherty diz"junktivnoj tektoniki Vostochnoj Azii: analiz radarnogo kosmosnimka [The main features of disjunctive tectonics of East Asia: An Analysis of the radar satellite imagery]. *Tektonika i glubinnoe stroenie Vostoka Azii: VI Kosyginskie chtenija*. Khabarovsk: ITiG. 71–74. (in Russian)
37. Petrov V.A., Andreeva O.V., Poluektov V.V. (2014) Vlijanie petrofizicheskikh svojstv i deformatsij porod na vertikal'nuju zonal'nost' metasomatitov v uranonosnykh vulkanicheskikh strukturakh (na primere Strel'tsovskoj kal'dery, Zabajkal'e) [Effect of petrophysical properties and deformation of rocks on the vertical zoning of metasomatic rocks in the uranium-bearing volcanic structures (for example, Strel'tsovskaya caldera, Transbaikalia)]. *Geologija rudnnykh mestorozhdenij.* **56** (2), 95–117. (in Russian)
38. Radkevich E.A., Zhirnov A.M., Malyshev Ju.F., Sakh"janov L.O., Stepanov O.A. (1990) Meridional'nye metallogenicheskie pojasa Dal'nego Vostoka [Meridional

metallogenic belts of the Far East]. *Tikhookeanskaja geologija*. (6), 25–35. (in Russian)
39. Rodionov S.M., Roganov G.V. (2006) Mineral'noe fosfatnoe syr'e Dal'nego Vostoka i problemy ego osvoenija [Mineral phosphate rock Far East and its development problems]. *Tikhookeanskaja geologija.* (1), 81–89. (in Russian)
40. Simanenko L.F., Khomich V.G., Lotina A.A. (2001) Sostav i morfologicheskie osobennosti rossypnogo zolota Sinegorskogo rudnogo rajona v svjazi s problemoj korennykh istochnikov [Structure and morphological features of placer gold Sinegorsk ore region, in connection with the problem of indigenous sources]. *Genezis mestorozhdenij zolota i metody dobychi blagorodnykh metallov.* Blagoveshchensk: *AmurNTS DVO RAN*, 132–134. (in Russian)
41. Tarkhanov A.V. (2001) Vozmozhnosti ispol'zovanija principa analogii pri prognozirovanii mestorozhdenij urana na primere Central'no-Ukrainskoj uranovorudnoj provincii [The possibility of using the principle of analogy in predicting uranium deposits on the example of the Central Ukrainian uranium ore province]. *Otechestvennaja geologija*. (5), 43–50. (in Russian)
42. Usanov G.E. (1973). Redkie metally i rassejannye elementy Bureinskogo massiva [Rare metals and trace elements Bureya massif]. *Geologija SSSR. T. XIX. Khabarovskij kraj i Amurskaja oblast'. Ch. II. Poleznye iskopaemye. Khabarovsk*. Moscow: Nedra, 245–250. (in Russian)
43. Chebotarev M.V. (1958) Geologicheskoe stroenie Juzhno-Khinganskogo margancevogo mestorozhdenija i veshchestvennyj sostav ego rud [Geological structure of the Southern Khingan manganese deposit and composition of its ores]. *Sovetskaja geologija*. (8), 114–136. (in Russian)
44. Chudinov Ju.I., Bakaev G.A. (1998) Rezervy povyshenija effektivnosti poiskov glubokozalegajushchih rud [Reserves of increase of efficiency of deep ore prospecting]. *Razvedka i okhrana nedr*. (8), 18–24. (in Russian)
45. Shatkov G.A. (2013) Aktual'nost' kontseptsii avtonomnoj aktivizacii na sovremennom etape metallogenicheskikh issledovanij [The relevance of the concept of autonomic activation at the present stage of metallogenic investigations]. *Regional'naja geologija i metallogenija*. **55**, 77–86. (in Russian)
46. Shcheglov A.D., Govorov I.N. (1985) Nelinejnaja metallogenija i glubiny Zemli [Non-linear metallogeny and the depth of the earth]. Moscow: Nauka, 324 s. (in Russian)
47. Jakovlev P.D. (1986) Promyshlennye tipy rudnykh mestorozhdenij [Industrial types of ore deposits]. Moscow: Nedra, 358 s. (in Russian)