



## НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЗАУРАЛЬЯ ПО ДАННЫМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Л.А. КРИНОЧКИН<sup>1</sup>, О.К. КРИНОЧКИНА<sup>2,\*</sup>, В.И. БЛОКОВ<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Институт минералогии геохимии и кристаллохимии редких элементов»  
15, Вересаева ул., Москва 121357, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО НИУ «Московский государственный строительный университет»  
26, Ярославское шоссе, г. Москва, 129337, Россия

<sup>3</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии Российской академии наук  
35, Старомонетный пер., Москва 119017, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Статья посвящена перспективам уранового оруденения в Зауралье. Территория исследований расположена в юго-западной части Западно-Сибирской плиты и является частью Западно-Сибирского ураноносного пояса, контролирующего инфильтрационное урановое оруденение мезозойского возраста палеодолинного типа. В качестве эталонных объектов с подходящими геохимическими характеристиками используются геохимические данные, полученные по АГХП Далматовского и Хохловского урановорудных районов.

**Цель** — выявление и прогноз новых урановорудных районов, перспективных на обнаружение промышленных месторождений урана палеодолинного типа.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в процессе создания геохимических основ масштаба 1:100 000. Опробовались почвы и донные отложения по сети 10×10 км. Было отобрано более 2000 проб. В них определялись содержания подвижных форм урана и других элементов (всего 56 элементов). Анализ проводился масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой в аналитическом центре ФГУП «ИМГРЭ».

**Результаты.** На основе полученных геохимических данных в хорошо освоенном и доступном регионе, кроме известных Далматовского и Хохловского урановорудных районов, выявлена 31 аномальная геохимическая площадь с урановой специализацией. Оценка их перспективности проводилась по комплексу геолого-геохимических критериев. В результате выделено шесть новых перспективных на обнаружение промышленных залежей урана площадей, а в известном Хохловском районе прогнозируется существенный прирост запасов урана.

**Заключение.** Практическая значимость проведенных исследований заключается в прогнозе расширения сырьевой базы урана в районе известных месторождений с ограниченными запасами сырья.

**Ключевые слова:** Зауралье, аномальная геохимическая площадь, уран, минерально-сырьевая база

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование проводилось при поддержке гранта РФФИ № 19-35-90115.

**Для цитирования:** Криночкин Л.А., Криночкина О.К., Блоков В.И. Новые перспективы уранового оруденения Зауралья по данным региональных геохимических исследований. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(1):8—16.  
<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-1-8-16>

Статья поступила в редакцию 01.05.2020  
Принята к публикации 09.11.2020  
Опубликована 22.06.2022

\* Автор, ответственный за переписку

## NEW PROSPECTS OF URANIUM MINERALISATION OF THE TRANS-URALS BASED ON REGIONAL GEOCHEMICAL SURVEY DATA

LEV A. KRINCHKIN<sup>1</sup>, OL'GA K. KRINCHKINA<sup>2,\*</sup>, VYACHESLAV I. BLOKOV<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements, Department of Regional Geochemistry  
15, Veresaeva str., Moscow 121357, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Civil Engineering, Department of Engineering Survey and Geoecology  
26, Yaroslavskoe highway, Moscow 129337, Russia

<sup>3</sup> Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry  
35, Staromonetny lane, Moscow 119017, Russia

### ABSTRACT

**Introduction.** The article presents the prospects of uranium mineralisation in the Trans-Urals. The study area lies in the southwestern part of the Western Siberian Plate and belongs to the West Siberian uranium-bearing belt. The belt controls the paleovalley type uranium infiltration mineralisation of the Mesozoic age. The data obtained from the anomalous geochemical area (AGA) of the Dolmatovsky and Khokhlovsky uranium ore regions are used as a reference with suitable geochemical characteristics.

**Aim.** The aim of this study is to identify and forecast new uranium ore regions that are promising for the discovery of industrial deposits of paleovalley type uranium.

**Materials and methods.** The research was conducted while establishing the geochemical bases on a scale of 1 : 1 00 000. Over 2000 samples of soils and bottom sediments were evaluated on a 10 × 10 km grid. The uranium active forms and other 56 elements were detected in the samples. The analysis was carried out by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) in the FSBI "IMGRE" analytical centre.

**Results.** Besides the known Dolmatovsky and Khokhlovsky uranium ore regions, 31 AGAs with uranium specialisation were identified based on the geochemical data obtained in a well-developed and accessible site. Their prospectivity was assessed according to a set of geological and geochemical criteria. As a result, six new promising areas for discovering industrial uranium deposits were identified, and a significant increase in uranium reserves is expected in the well-known Khokhlovsky region.

**Conclusions.** The practical implication of the study is the forecast of the expansion of the uranium raw materials base around the known deposits with finite raw materials reserves.

**Keywords:** Trans-Urals, anomalous geochemical area, uranium, raw minerals base

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** the research was carried out with the support of the RFBR grant № 19-35-90115.

**For citation:** Krinochkin L.A., Krinochkina O.K., Blokov V.I. New prospects of uranium mineralisation of the Trans-Urals based on regional geochemical survey data. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(1):8—16. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-1-8-16>

Manuscript received 01 May 2020  
Accepted 09 November 2020  
Published 22 June 2022

\* Corresponding author

Уран в России является остродефицитным полезным ископаемым. По данным Г.А. Машковцева и др. [13], одной из причин этого является отсутствие необходимого количества подготовленных запасов.

Ситуация может быть улучшена выявлением новых перспективных урановорудных районов в Зауралье, где в результате региональных геохимических исследований выявлены аномальные геохимические площади (АГХП), перспективные на обнаружение месторождений урана инфильтрационного типа. Этот регион активно горнорудного освоения выгодно отличается от других урановорудных регионов России своей доступностью и освоенностью.

Расположенный в относительной близости от объекта изучения Казахстан по разведанным запасам урана занимает второе место в мире, а основой его минерально-сырьевой базы являются урановые гидрогенные месторождения пластово-инфильтрационного типа [3, 8, 14].

Территория исследований расположена в юго-западной части Западно-Сибирской плиты и является частью Западно-Сибирского ураноносного пояса, контролирующего инфильтрационное урановое оруденение мезозойского возраста палеодолинного типа [7].

Известное здесь перспективное оруденение этого типа относится к уран-редкоземельной терригенной формации в зонах пластового окисления. Его представляют Далматовское (1), Хохловское (2) и Добровольское (3) месторождения (рис. 1) и довольно многочисленные проявления этой рудной формации [5].

Наиболее полно изучено Далматовское месторождение. Его оруденение приурочено к среднепозднеюрским отложениям, выполняющим раннемезозойские русла, врезанные в поверхность доюрского фундамента. Запасы Далматовского месторождения всех категорий оценены в 11 170 т [6]. В рудах урану сопутствуют повышенные концентрации Mo, Re, Se, Y, Sc, TR [2].

Возраст оруденения в регионе отвечает двум эпохам: 1) на рубеже юры и мела либо в начале мела (130—140 млн лет) и 2) мел — эоцен (40—80 млн лет). Первой эпохе соответствует датировка руд Далматовского месторождения. Вторая эпоха представлена рядом пунктов урановой минерализации в разных частях изученной территории [15].

## Материалы и методы

Исследования проводились в процессе создания геохимических основ масштаба 1:100 000

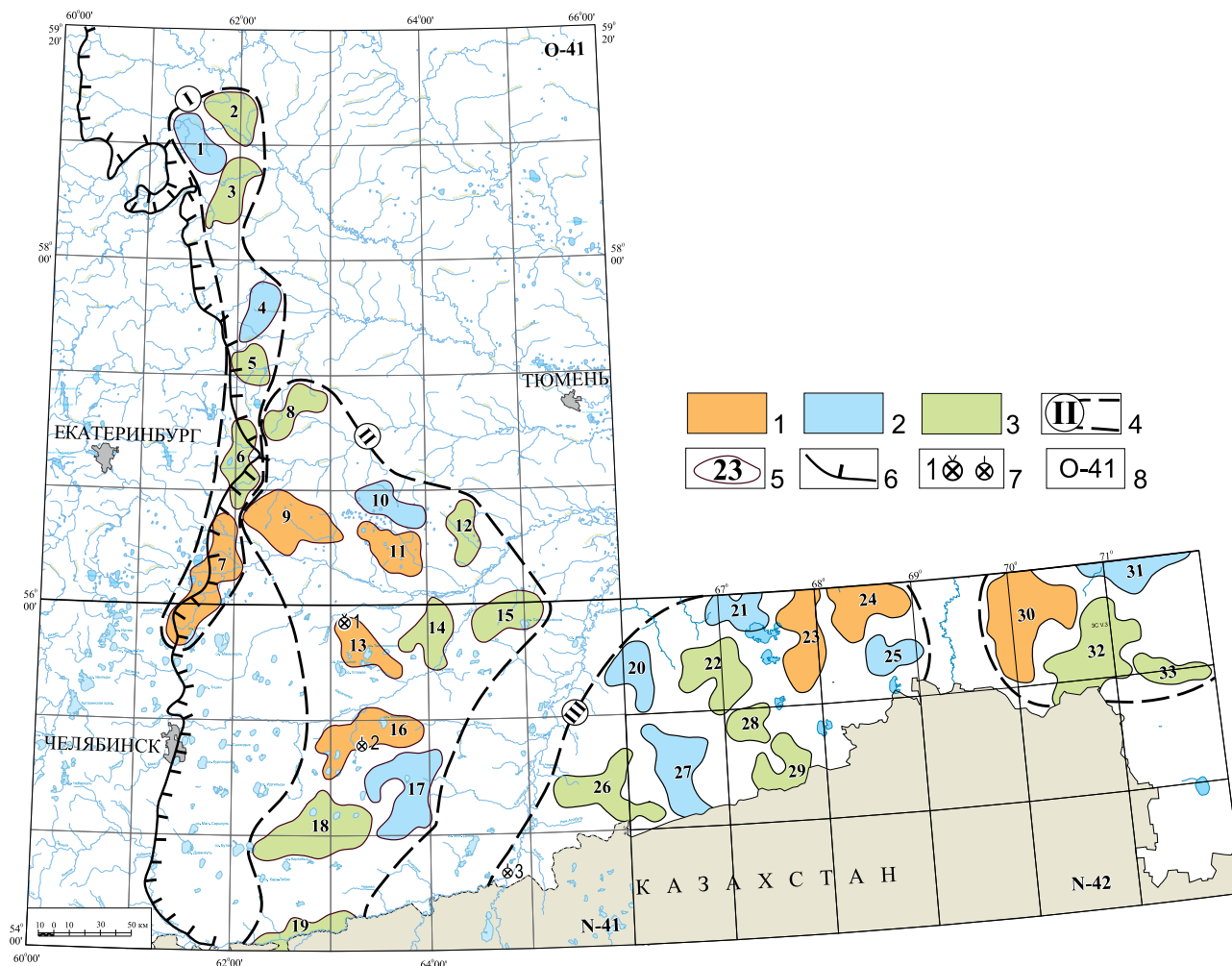
на листах N-41, -42 (2009—2011 гг.) и O-41 (2015—2017 гг.). Геохимическому опробованию подвергались почвы и донные отложения в соответствии с Требованиями [4] по сети 10×10 км. Для поисков перекрытых месторождений в пробах почв и донных отложений определялись содержания подвижных форм урана и широкого круга других элементов (всего 56). Анализ проводился масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой в аналитическом центре ФГУП «ИМГРЭ».

В условиях скрыто-перекрытого залегания прогнозируемого оруденения оценка перспективности площадей проводилась по комплексу геолого-геохимических критериев [9, 10]. Основным было сопоставление геохимических характеристик исследуемых АГХП и эталонных объектов. Учитывались также размеры АГХП, их геологическая позиция, наличие месторождений и проявлений урана палеодолинного типа. Оцениваемые площади дифференцировались на перспективные, неясной и низкой перспективности.

В качестве эталонных геохимических характеристик в работе используются геохимические данные, полученные по АГХП Далматовского (13) и Хохловского (16) урановорудных районов. Их площади соответственно равны 853 и 1202 кв. км. В пределах первого известно среднее Далматовское (1), а во втором — малое Хохловское (2) месторождения урана.

Объединенная геохимическая ассоциация АГХП Далматовского (13) и Хохловского (16) районов в донных отложениях включает  $U_{3,6}^{117}$ ,  $Th_{3,0}^{115}$ ,  $Hf_{2,4}^{75}$ ,  $Zr_{2,4}^{73}$ ,  $Pb_{2,4}^{155}$ ,  $(Be^{72}, Sr^{69})_{2,3}$ ,  $Co_{2,1}^{108}$ ,  $(Bi^{82}, Ag^{83})_{2,0}$ ,  $(Lu^{58}, Cu^{51}, Yb^{57}, Sc^{77})_{1,9}$ ,  $(Tm^{56}, V_{1,8}^{75}, Er^{56}, Ho^{55}, Dy^{56})_{1,8}$ ,  $(Y^{54}, Tb^{57}, Ba^{96}, Gd^{58}, Eu^{58}, Ce^{57})_{1,7}$ ,  $(Sm^{60}, Nd^{61})_{1,6}$ ,  $(Pr^{61}, Cs^{130}, Cd^{99}, La^{60}, Rb^{93})_{1,5}$ . В ранжированном ряду здесь и далее подстрочный индекс — уровень накопления (Кс) относительно геохимического фона, надстрочный индекс — коэффициент вариации (V%) содержаний.

Комплексность аномального геохимического поля в донных осадках довольно высокая. В целом в донных отложениях элементы ассоциации характеризуются умеренным ( $Кс < 4,0$ ) и низким ( $Кс < 2,0$ ) накоплением, что вполне естественно для закрытых территорий. Однако следует отметить, что для прогнозной оценки значение имеют элементы не только с достаточно высоким уровнем накопления, но и с высокой степенью неоднородности ( $V > 75\%$ ) распределения их содержаний [1, 11, 12].



**Рис. 1.** Прогноз ураноносности Зауралья. 1—3 — перспективность АГХП: 1 — перспективные, 2 — неясной перспективности, 3 — слабоперспективные; 4 — границы геохимических зон и их номера; 5 — границы АГХП и их номера; 6 — граница платформенного чехла; 7 — месторождения урана (1 — Далматовское, 2 — Хохловское, 3 — Добровольское); 8 — номенклатура листов масштаба 1:1 000 000

**Fig. 1.** The uraniumiferous of the Trans-Urals. 1—3 — perspectives of Abnormal geochemical fields (AGF): 1 — perspective, 2 — unclear prospectivity, 3 — weak prospectivity; 4 — boundaries of geochemical zones and their numbers; 5 — boundaries of AGF and their numbers; 6 — platform sheath border; 7 — uranium deposits (1 — Dalmatovskoe, 2 — Khokhlovskoe, 3 — Dobrovol'skoe); 8 — nomenclature of scale sheets 1:1 000 000

Высокой ( $V > 75\%$ ) неоднородностью распределения содержаний, присущей геохимическим ореолам рудных залежей, в ассоциации донных осадков выделяются U, Th, Hf, Pb, Co, Bi, Ag, Sc, V, Ba, Cs, Cd, Rb,

Почвенная геохимическая ассоциация эталонных урановорудных площадей короче, включает всего восемь элементов:  $U_{4,5}^{167}$ ,  $Zn_{4,0}^{208}$ ,  $Mo_{2,2}^{183}$ ,  $Sr_{2,2}^{97}$ ,  $Th_{1,9}^{90}$ ,  $Hf_{1,9}^{78}$ ,  $Cs_{1,7}^{96}$ ,  $Zr_{1,6}^{78}$ . Из них с высокими ( $Kc \geq 4,0$ ) уровнями накопления только уран и цинк, но для всех элементов характерна высокая неоднородность распределения содержаний. Весьма неоднородным распределением

отличаются уран и ряд его спутников: Zn, Mo, Sr, Th, Cs.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 1 показаны выделенные АГХП с урановой специализацией. Всего 33 аномальные геохимические площади, расположены вне явных техногенных источников и зон их влияния, объединены в четыре геохимические зоны: Юконско-Колпаковскую (I), Далматовскую (II), Тоболо-Ишимскую (III) и Право-Ишимскую (IV).

**Далматовская (II)** геохимическая зона на сегодня в регионе является наиболее продуктивной.

В ее пределах расположены среднее Далматовское (1) и малое Хохловское (2) урановые месторождения и ряд рудопоявлений урана палеодолинного типа.

Зона локализована в междуречье рек Тобола и Пышмы, имеет общее субмеридиональное простирание и протяженность с севера на юг около 500 км при максимальной ширине в средней части до 250 км.

В северной половине Далматовской зоны повсеместное распространение имеют отложения палеогена, представленные олигоценем и эоценом. В южной половине доминируют отложения неогена (миоцена).

Накопление урана и его спутников установлено как в донных отложениях:  $U_{3,7}$ ,  $Sr_{3,0}$ ,  $Ta_{2,5}$ ,  $Mo_{2,3}$ ,  $Re_{2,2}$ ,  $(Zn, Pb, Hf)_{2,0}$ ,  $(Nb, Be, Cd, Ag)_{1,9}$ ,  $(Zr, Ba)_{1,8}$ ,  $V_{1,7}$ ,  $(Sb, Bi, Cu)_{1,6}$ ,  $(Th, Y, Sc)_{1,5}$ , так и в почвах:  $U_{3,1}$ ,  $Re_{2,3}$ ,  $Th_{2,2}$ ,  $(Zn, Sr)_{1,9}$ ,  $(Mo, Bi)_{1,8}$ ,  $Cs_{1,7}$ ,  $(Hf, Zr)_{1,6}$ .

Характерной особенностью аномального геохимического поля урановорудной Далматовской зоны является ведущее положение урана в обеих ассоциациях и присутствие всех элементов почвенной ассоциации, за исключением цезия, в аномальных концентрациях в донных отложениях. При этом в донной ассоциации еще присутствуют и такие известные спутники урана, как Pb, Nb, Be, Cd, Ag, Ba, V, Sb, Sc.

В пределах геохимической зоны к перспективным кроме АГХП известных Далматовского (13) и Хохловского (16) районов отнесены АГХП Гаркашинского (9) и Ольховского (11) районов.

Хохловский (16) район считается недоизученным [7]. Полученные геохимические данные с учетом размеров площади (1202 кв. км) района позволяют прогнозировать в нем значительный прирост запасов урановых руд. Его аномальное поле характеризуется высоким накоплением и неоднородностью распределения урана как в донных отложениях ( $U_{4,3}^{115}$ ), так и почвах ( $U_{5,1}^{179}$ ). Достоверность положительной оценки также подтверждается ассоциацией урана в донных отложениях с  $Th_{3,5}^{106}$ ,  $Co_{2,4}^{113}$ ,  $Sr_{2,3}^{72}$ ,  $Bi_{2,2}^{76}$ ,  $Be_{2,2}^{73}$ ,  $Ag_{2,1}^{87}$ ,  $Sc_{2,0}^{80}$ ,  $V_{1,7}^{80}$  и  $Ba_{1,7}^{114}$ , а в почвах — с  $Mo_{2,5}^{192}$ ,  $Zn_{2,5}^{162}$  и  $Sr_{1,9}^{99}$ .

Гаркашинский (9) район геохимически близок к урановорудным площадям. Его геохимическая ассоциация в донных отложениях характеризуется не только высоким накоплением урана и высокой дифференциацией его содержаний, но и довольно большим перечнем элементов — индикаторов уранового оруденения:  $U_{9,1}^{96}$ ,  $Mo_{6,6}^{76}$ ,  $Sr_{6,6}^{127}$ ,  $Ge_{6,1}^{97}$ ,  $Zn_{4,3}^{118}$ ,  $P_{3,6}^{167}$ ,  $Bi_{3,3}^{75}$ ,  $Sb_{3,2}^{114}$ ,  $Ag_{2,4}^{75}$ ,  $Th_{2,2}^{106}$ . При этом

площадь района практически вдвое больше площади Далматовского урановорудного района и составляет 1564 кв. км.

В почвах, как и на эталонных объектах, ассоциация несколько меньше:  $Re_{2,4}^{108}$ ,  $Mo_{1,8}^{136}$ ,  $U_{1,6}^{69}$ ,  $P_{1,6}^{144}$ ,  $Th_{1,5}^{76}$ . Но в ее составе рений и другие элементы — индикаторы уранового оруденения с весьма высокой неоднородностью распределения содержаний, что также достаточно уверенно позволяет прогнозировать обнаружение в Гаркашинском районе промышленного уранового оруденения.

Ольховский (11) район по площади (906 кв. км) несколько больше Далматовского района. В его донных осадках установлено интенсивное накопление урана и рения, а распределение содержаний урана и его спутников в аномальном поле характеризуется высокой неоднородностью:  $U_{5,6}^{104}$ ,  $Re_{5,5}^{112}$ ,  $Mo_{3,7}^{75}$ ,  $Zn_{1,6}^{84}$ ,  $As_{1,6}^{77}$ ,  $Hf_{1,5}^{82}$ . В почвах интенсивность накопления и дифференциация содержаний урана несколько снижаются, но его спутники в ассоциации характеризуются достаточно высокими для положительного прогноза геохимическими характеристиками:  $Re_{22,3}^{250}$ ,  $Sr_{4,1}^{101}$ ,  $Th_{3,1}^{132}$ ,  $Mo_{3,1}^{75}$ ,  $U_{2,9}^{70}$ ,  $Te_{2,3}^{118}$ ,  $As_{2,0}^{95}$ ,  $P_{1,9}^{75}$ ,  $Bi_{1,8}^{142}$ .

**Юконско-Колпаковская (I)** геохимическая зона локализована в верховьях рек Тура, Ница, Пышма, Барнева. Зона линейна, имеет общее субмеридиональное простирание и протяженность с севера на юг около 500 км, при ширине от 50 до 80 км.

Геолого-структурную позицию геохимической зоны определяют ее приуроченность к границе платформы с Уральской складчатой областью, где на поверхности картируются отложения мела, палеоцена и эоцена. В пределах зоны известен ряд проявлений урана палеодолинного типа.

В аномальном геохимическом поле Юконско-Колпаковской зоны наибольшее сходство с аномальным полем Далматовской зоны обнаруживает геохимическая ассоциация донных отложений. В них установлено стабильное накопление  $Ni_{8,7}$ ,  $Re_{3,4}$ ,  $Ce_{2,7}$ ,  $Cd_{2,6}$ ,  $Cu_{2,5}$ ,  $U_{2,3}$ ,  $Sb_{2,2}$ ,  $Zn_{2,0}$ ,  $(Bi, Mo)_{1,9}$ ,  $(V, La, Ag)_{1,7}$ ,  $(Nb, Ti, P, As, Y, Sr)_{1,6}$ . Перечень общих с Далматовской зоной элементов включает уран и достаточно большое количество его спутников: Re, Cd, Cu, U, Sb, Zn, Bi, Mo, V, Ag, Nb, Y, Sr. Резкое обогащение донных отложений никелем, вероятно, имеет уральскую природу.

В почвах Юконско-Колпаковской зоны ряд накопления значительно больше:  $(U, P)_{2,9}$ ,  $As_{2,7}$ ,  $Cd_{2,4}$ ,  $Fe_{2,3}$ ,  $Cr_{2,2}$ ,  $Te_{2,1}$ ,  $Mo_{2,0}$ ,  $Zn_{1,8}$ ,  $(Nb, Th, Ni, Ge)_{1,8}$ ,  $Cu_{1,6}$ , чем в почвах Далматовской зоны. Доминируют в ассоциации уран и фосфор, а общими

элементами ассоциаций обеих геохимических зон являются известные спутники урана Mo, Zn, Th.

К перспективным объектам отнесено только АГХП *Колпаковского* (7) района. Ассоциация накопления в донных отложениях на территории района содержит большой перечень элементов — индикаторов уранового оруденения:  $Cd_{4,3}^{222}, Mo_{3,5}^{112}, Nb_{3,1}^{127}, U_{3,1}^{97}, Zn_{2,9}^{205}, Cr_{2,5}^{196}, Sb_{2,4}^{134}, Cu_{2,3}^{147}, Bi_{2,3}^{131}, Pb_{2,1}^{177}, Ag_{1,9}^{163}, Ti_{1,7}^{98}, Sr_{1,7}^{71}, Ti_{1,6}^{85}, Re_{1,6}^{50}, Ni_{1,6}^{87}, Ge_{1,5}^{124}, V_{1,5}^{69}$ . В почвах она существенно сокращается, снижается и интенсивность накопления элементов:  $P_{2,5}^{95}, Re_{2,5}^{239}, U_{1,8}^{66}, Cd_{1,7}^{121}, Mo_{1,7}^{103}, Te_{1,6}^{85}$ .

Уровни накопления элементов и дифференциация их содержаний в аномальном поле Колпаковского (7) района в целом близки таковым ассоциации, характеризующей донные осадки эталонных рудоносных площадей, что с учетом значительной его площади (1709 кв. км) позволяет прогнозировать выявление промышленных залежей урана.

**Тоболо-Ишимская (III) и Право-Ишимская (IV)** геохимические зоны представлены фрагментами. Первая — в междуречье рек Тобола и Ишима, вторая — на правом берегу р. Ишим. В центральных частях локализованных фрагментов зон преимущественно распространены отложения плиоцена, на перифериях картируются отложения миоцена. На юго-западном фланге Тоболо-Ишимской зоны расположены малые урановые месторождения палеодолинного типа — Добровольское (3) на территории России и Тобольское на продолжении зоны на территории Казахстана. К этому же типу относятся пункты урановой минерализации, известные в Тоболо-Ишимской зоне в разных геологических комплексах (от триаса до миоцена).

Для геохимических зон характерно преимущественное накопление элементов в донных отложениях. В Тоболо-Ишимской (III) геохимической зоне они обогащены ураном и значительным числом его спутников:  $U_{3,3}, Zn_{2,4}, Sn_{2,0}, (Th, Mo, Nb)_{1,8}, (Sr, Hf, Ba)_{1,6}, (Sc, Zr, Cd, V)_{1,5}$ . В почвах стабильное накопление установлено только для  $U_{2,8}, (Zn, Sr)_{1,8}$  и  $Mo_{1,5}$ .

В донных отложениях Право-Ишимской (IV) геохимической зоны комплексность аномального поля ниже:  $Sr_{3,6}, U_{3,2}, Zn_{2,4}, Nb_{2,3}, Th_{2,1}, Cd_{1,9}, (Mn, Ti)_{1,6}$ , а в почвах несколько выше ( $U_{3,5}, Sr_{2,0}, Nb_{1,7}, (Th, Mo, Ti)_{1,5}$ ), чем в Тоболо-Ишимской зоне.

По комплексности и составу геохимических ассоциаций, уровням накопления элементов и степени дифференциации их содержаний в донных отложениях перспективным ураноносным площадям в Тоболо-Ишимской (III) зоне

отвечают районы: *Частоозерский* (23):  $U_{5,7}^{146}, Mo_{3,3}^{157}, Zn_{2,3}^{78}, Cu_{2,3}^{154}, Cd_{2,2}^{67}, Th_{2,1}^{105}, Sb_{2,1}^{148}, Ti_{1,7}^{68}, Pb_{1,6}^{122}, Sr_{1,7}^{77}$ ; *Бердюжинский* (24):  $U_{6,1}^{127}, Zn_{3,8}^{142}, Mo_{2,6}^{103}, Ti_{1,9}^{102}, Ti_{1,8}^{85}, Cd_{1,6}^{86}, Th_{1,5}^{158}$ , а в Право-Ишимской (IV) — *Маслянский* (30):  $Nb_{4,2}^{119}, Th_{4,1}^{177}, U_{3,8}^{78}, Cs_{1,9}^{72}, Bi_{1,9}^{93}, Ag_{1,8}^{82}, Mn_{1,8}^{103}, Sc_{1,8}^{103}$ . Интенсивность накопления урана и его спутников и неоднородность аномальных геохимических полей Частоозерского (23) и Бердюжинского (24) районов значительно выше, чем у АГХП Маслянского (30) района. Но площадь Маслянского района (2522 кв. км) практически вдвое превышает площади Частоозерского (1335 кв. км) и Бердюжинского (1224 кв. км) районов.

В почвах комплексность аномальных полей этих районов низкая (3—4 элемента), а накопление и дифференциация урана средние. Тем не менее это не исключает возможности обнаружения промышленных залежей урана, так как ослабление геохимических ореолов в почвах объяснимо значительно большей мощностью молодых, перекрывающих прогнозируемое оруденение отложений в сравнении с эталонными урановорудными районами.

К объектам неясной перспективности в Далматовской (II) геохимической зоне отнесены АГХП Басмановского (10) и Петровско-Медвежьеозерского (17) районов; в Юконо-Колпаковской (I) — АГХП Юконского (1) и Верхне-Вязовского (4) районов; в Тоболо-Ишимской (III) — АГХП Варгашинского (20), Курганского (21), Пегановского (25) и Сухменского (27) районов; в Право-Ишимской (IV) — АГХП Крутининского (31) района. Для аномальных полей этих объектов, как правило, характерно преимущественное накопление урана и его спутников в донных отложениях, что сближает их с известными урановорудными площадями. Но из-за меньшей интенсивности накопления и более слабой дифференциации содержаний элементов-индикаторов перспективность объектов оценена как неясная.

Для остальных АГХП геохимических зон характерны низкие, низкие и умеренные уровни накопления рудообразующего урана и его спутников и слабая дифференциация их содержаний, что отражает их низкую перспективность.

### Заключение

На основе материалов региональных геохимических работ в достаточно хорошо освоенном и доступном регионе кроме известных урановорудных Далматовского (13) и Хохловского (16) районов оконтурены АГХП шести новых

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

перспективных районов: Колпаковского (7), Гаркашинского (9), Ольховского (11), Частозерского (23), Бердюжинского (24) и Маслянского (30). В них прогнозируется обнаружение промышленных месторождений урана палеодолинного типа.

Проведение дополнительных геохимических работ требуется для уточнения перспектив

уранового оруденения девяти районов, отнесенных к объектам с неясной перспективностью.

Практическая важность проведенных исследований заключается в прогнозе расширения сырьевой базы урана региона перспективного освоения известных урановых месторождений с ограниченными запасами сырья.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Г.М., Великославский С.Д., Ильинский Ю.В. и др. Методические рекомендации к составлению легенд к полиэлементным геохимическим картам. Л.: Издательство ВСЕГЕИ, 1985. 140 с.
2. Быховер Н.А., Еремеев А.Н., Соловов А.П. Классификация прогнозных запасов металлов / Количественная оценка прогнозных запасов при региональных металлогенических исследованиях. Л.: Недра, 1978. С. 37—39.
3. Геология и полезные ископаемые Казахстана. Доклады казахстанских геологов. Книга 1. Алматы: КазИМС, 1996. 236 с.
4. Головин А.А., Ачкасов А.И., Волочкович К.Л. и др. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000. М.: ФГУП ИМГРЭ, 1999. 104 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская, Лист О-41. Екатеринбург, Объяснительная записка. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2011. 492 с.
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская, Лист N-41. Челябинск, Объяснительная записка. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2013. 415 с.
7. Грушевой Г.В., Печенкин И.Г. Металлогения мезозойских и кайнозойских ураноносных осадочных бассейнов Евразии. Региональная геология и металлогения, СПб: Издательство ВСЕГЕИ, 2000. Т. 12. С. 178—191.
8. Карта полезных ископаемых Казахстана. Масштаб 1:1 000 000 (под. ред. Б.С. Ужкенова). Алматы: КазИМС, 2003.
9. Кривочкин Л.А., Головин А.А., Николаев Ю.Н. и др. Геолого-геохимические модели аномальных полей — основа прогнозной оценки территорий МГХК // Разведка и охрана недр. 2002. № 8. С. 9—13.
10. Кривочкин Л.А., Килипко В.А. Кривочкина О.К. и др. Эффективность геохимических работ при создании ГХО-1000 на примере листа О-41 // Разведка и охрана недр. 2019. № 1. С. 10—15.
11. Кривочкин Л.А., Николаев Ю.Н., Бурьянов А.В. и др. Технология прогнозной оценки металлогенических зон, рудных районов и узлов при МГХК-1000 и МГХК-200 (Методические рекомендации). М.: ИМГРЭ, 2002. 159 с.
12. Кудрявцев В.Е., Шор Г.М. Пути совершенствования прогноза месторождений урана. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2001. 84 с.
13. Машковцев Г.А., Коноплев А.Д., Костилов А.Т. и др. Основные направления освоения и развития МСБ урана России // Разведка и охрана недр. 2008. № 9. С. 93—100.
14. Никитченко И.И. Полезные ископаемые Казахстана. Объяснительная записка к Карте полезных ископаемых Казахстана масштаба 1:1 000 000. Кокшетау: КазИМС, 2002. 188 с.
15. Чувилин В.А. Прогнозно-поисковые работы масштабов 1:200 000 — 1:50 000 на Буткинско-Байкаловской площади Зауралья с целью выделения участков для поисков гидрогенных месторождений урана. Екатеринбург: ТГФ, 2008. 333 с.

### REFERENCES

1. Beliaev G.M., Velikoslavskii S.D., Ilinskii Yu.V. et al. Methodological recommendations for the preparation of legends for polyelectric geochemical maps. Leningrad: VSEGEI Publishing house, 1985. 140 p. (In Russian).
2. Bykhover N.A., Eremeev A.N., Solov A.P. Classification of forecast metal reserves / Quantification of forecast reserves in regional metallogenic studies. Leningrad: NEDRA, 1978. P. 37—39 (In Russian).
3. Geology and minerals of Kazakhstan. Reports of Kazakhstan geologists. Book 1. Almaty: KazIMS Publishing House, 1996. 236 p. (In Russian).
4. Golovin A.A., Ahkasov A.I., Volohkovich K.L., et al. Requirements for the production and results of multi-purpose geochemical mapping at a scale of 1:1 000 000. Moscow: IMGRE, 1999. 104 p. (In Russian).
5. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Series Ural, Sheet O-41. Yekaterinburg, Explanatory Note. Saint Petersburg: VSEGEI Publishing house, 2011. 492 p. (In Russian).
6. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Ural Series, Sheet N-41. Chelyabinsk, Explanatory Note. Saint Petersburg: VSEGEI Publishing house, 2013. 415 p. (In Russian).
7. Grushev G.V., Pechenkin I.G. Metallogeny of the Mesozoic and Cenozoic uraniferous sedimentary basins of Eurasia. Regional geology and metallogeny,

- Saint Petersburg: VSEGEI Publishing House, 2000. Vol. 12. P. 178—191 (In Russian).
8. Map of minerals of Kazakhstan. Scale 1:1 000 000 (ed. by B.S. Uzhkenov). Almaty: KazIMS Publishing House, 2003 (In Russian).
  9. Krinochkin L.A., Golovin A.A., Nikolaev Yu.N., et al. Geological and geochemical models of anomalous fields are the basis for predictive assessment of MGHC territories // Exploration and protection of mineral resources. 2002. № 8. P. 9—13 (In Russian).
  10. Krinochkin L.A., Kilipko V.A. Krinochkina O.K. Efficiency of geochemical work when creating the GCO-1000 on the example of sheet O-41 // Exploration and protection of mineral resources. 2019. № 1. P. 10—15 (In Russian).
  11. Krinochkin L.A., Nikolaev Yu.N., Burianov A.V., et al. Technology for predictive assessment of metallogenic zones, ore areas and nodes at MGHC-1000 and MGHC-200 (Guidelines). Moscow: IMGRE, 2002. 159 p. (In Russian).
  12. Kudryavtsev V.E., Shor G.M. Ways to improve the forecast of uranium deposits. Saint Petersburg: VSEGEI Publishing house, 2001. 84 p. (In Russian).
  13. Mashkovtsov G.A., Konoplev A.D., Kostikov A.T., et al. The main directions of development and development of SMEs of uranium in Russia / Exploration and protection of mineral resources: 2008. № 9. P. 93—100 (In Russian).
  14. Nikitchenko I.I. Minerals of Kazakhstan. Explanatory note to the Map of minerals of Kazakhstan, scale 1:1 000 000. Kokshetau: KazIMS Publishing House, 2002. 188 p. (In Russian).
  15. Chuvilin V. A. Forecast-search works of scales 1:200 000 — 1:50 000 on Butkinsko-Baykalovskaya area of the Trans-Urals for the purpose of allocation of sites for searches of hydrogenated deposits of uranium. Yekaterinburg: TGF, 2008. 333 p. (In Russian).

### ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Крinoчкин Л.А. — внес вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Крinoчкина О.К. — внесла вклад в обработку и анализ геолого-геохимических данных и в создание графической информации, утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Блоков В.И. — внес вклад в сбор и обработку данных геохимических основ изучаемой территории, выполнил перевод на английский язык, утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Lev A. Krinochkin — contributed to the development of the concept of the article, prepared the text of the article and finally approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Ol'ga K. Krinochkina — contributed to the processing and analysis of geological and geochemical data and to the creation of graphical information, approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Vyacheslav I. Blokov — contributed to the collection and processing of data on the geochemical foundations of the study area, completed the translation into English, approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Крinoчкин Лев Алексеевич** — доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом мелкомасштабных геохимических работ ФГБУ «Институт минералогии геохимии и кристаллохимии редких элементов»

15, Вересаева ул., Москва 121357, Россия  
 тел.: +7 (495) 443-90-41, +7 (916) 968-16-44  
 e-mail: [lkrinochkin@mail.ru](mailto:lkrinochkin@mail.ru)  
 SPIN-код: 4148-3390  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9338-3191>

**Lev A. Krinochkin** — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), Head of the Department of Small-scale geochemical works Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements, Department of Regional Geochemistry

15, Veresaeva str., Moscow 121357, Russia  
 tel.: +7 (495) 443-90-41, +7 (916) 968-16-44  
 e-mail: [lkrinochkin@mail.ru](mailto:lkrinochkin@mail.ru)  
 SPIN-code: 4148-3390  
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9338-3191>

## ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ / GEOLOGY AND PROSPECTING FOR SOLID MINERAL DEPOSITS

**Криночкина Ольга Константиновна\*** — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры инженерных изысканий и геоэкологии ФГБОУ ВО «Московский государственный строительный университет»

26, Ярославское шоссе, Москва 129337, Россия

тел.: +7 (985) 726-17-70

e-mail: [vdovinaok@mail.ru](mailto:vdovinaok@mail.ru)

SPIN-код: 1404-5254

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4833-1944>

**Olga K. Krinochkina\*** — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof Department of Engineering Surveys and Geoecology Moscow State University of Civil Engineering

26, Yaroslavskoe highway, Moscow, 129337, Russia

tel.: +7 (985) 726-17-70

e-mail: [vdovinaok@mail.ru](mailto:vdovinaok@mail.ru)

SPIN-code: 1404-5254

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4833-1944>

**Блоков Вячеслав Игоревич** — инженер-геолог 1 категории отдела мелкомасштабных геохимических работ ФГБУ «Институт минералогии геохимии и кристаллохимии редких элементов»; младший научный сотрудник Лаборатории рудных месторождений имени академика А.Г. Бетехтина Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук

15, Вересаева ул., Москва 121357, Россия

35, Старомонетный пер., Москва 119017, Россия

тел.: +7 (915) 233-44-53

e-mail: [blok\\_off@mail.ru](mailto:blok_off@mail.ru)

SPIN-код: 2297-4921

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5623-9350>

**Vyacheslav I. Blokov** — geological engineer of the 1st category of the Department of Small-scale geochemical works Institute of mineralogy, geochemistry and crystal chemistry of rare elements, Department of Regional Geochemistry; junior researcher, Laboratory of Ore Deposits named after Academician A.G. Betekhtin, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry

15, Veresaeva str., Moscow, 121357, Russia

35, Staromonetny lane, Moscow, 119017, Russia

tel.: +7 (915) 233-44-53

e-mail: [blok\\_off@mail.ru](mailto:blok_off@mail.ru)

SPIN-code: 2297-4921

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5623-9350>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author