

Уран-молибден-ренийевое оруденение в верхнедевонских отложениях нижнего течения реки Ловать на юго-востоке Главного девонского поля

Приводятся новые данные по комплексному U-Mo-Re эпигенетическому оруденению, выявленному в верхнедевонских отложениях на Холмской площади (лист О-36-XXVI) на юго-востоке Главного девонского поля (северо-запад Русской плиты). С помощью комплекса современных аналитических методов исследован вещественный состав эпигенетической U-Mo-Re минерализации. Наиболее ценным компонентом оруденения является редкий элемент рений (Re), содержание которого в рудной зоне достигает 1 г/т. Вероятнее всего, Re входит в состав повеллита и вульфенита, диагностированных в породах рудной зоны. В составе руд также установлены высокие содержания U до 0,5 и Mo до 1 % в ассоциации с Se, V, Ni, Ag, As, Ga, Pb. Анализ материалов по U-Mo-Re оруденению показал, что район нижнего течения р. Ловать, в частности северо-западная часть Холмской площади, а также не исследованные на Re слабоизученные U-Mo объекты Старорусского потенциально урановорудного района, перспективны на комплексное U-Mo-Re оруденение.

Ключевые слова: рений, уран, молибден, верхний девон, Главное девонское поле, осадочный чехол северо-запада Русской плиты.

S. YU. ENGALYCHEV, I. V. VERBITSKY, P. M. BUTAKOV (VSEGEI)

Uranium-molybdenum-rhenium mineralization in the Upper Devonian sediments in the lower reaches of the Lovat River, the southeastern Main Devonian Field

The paper presents new data on the complex U-Mo-Re epigenetic mineralization identified in Upper Devonian sediments of the Kholmisky area (sheet O-36-XXVI), the southeastern Main Devonian Field (northwestern Russian Plate). The petrological composition of epigenetic U-Mo-Re mineralization was studied using the set of modern analytical methods. The most valuable component of mineralization is a rare element – rhenium (Re), which content in the ore zone is high and reaches 1 ppm. Most likely, Re is part of powellite and wulfenite, diagnosed in the rocks of the ore zone. High grades of U (up to 0.5%) and Mo (up to 1%) in association with Se, V, Ni, Ag, As, Ga, Pb have been also identified in the ores. The analysis of data on the U-Mo-Re mineralization showed that the area of the lower reaches of the Lovat River and, in particular, the northwestern part of the Kholmisky area, as well as the poorly studied U-Mo targets of the Starorussky potential uranium ore district, are promising for complex U-Mo-Re mineralization.

Keywords: rhenium, uranium, molybdenum, Upper Devonian, Main Devonian Field, sedimentary cover of the northwestern Russian plate.

Введение. Редкий рассеянный металл рений (Re), обладающий уникальными каталитическими и жаропрочными свойствами, находит все большее применение в различных областях промышленности (машиностроение, авиация, космическая промышленность, переработка углеводородов и др.). Собственных месторождений этого редкого и остродефицитного металла не известно, основной его сырьевой источник – молибденовые, медно-молибденовые порфиоровые и медные месторождения стратиформного типа (медистые песчаники и сланцы), а также эпигенетические урановые (U-Mo-Re) объекты. Рений извлекают как попутный компонент концентратов молибденовых и медно-порфиоровых руд.

В Российской Федерации существует острый дефицит рения (при потреблении в год около 5 т), который покрывается за счет дорогостоящих импортных поставок. Сырьевая база Re страны не

сформирована [6], что требует поиска его сырьевых источников как традиционных, так и новых типов.

В качестве новых нетрадиционных источников этого металла рассматриваются фумарольные газы современных вулканических систем (вулкан Кудрявый на о-ве Итуруп Курильской гряды), углеродистые (в том числе горючие) сланцы, медистые песчаники, угли и жидкие углеводороды.

В последние годы по инициативе Роснедра на территории Восточно-Европейской платформы были проведены работы по поискам рения в диктионемовых сланцах нижнего ордовика (Прибалтийский сланцевый бассейн) в зоне Балтийско-Ладожского глинта, а также на Бельском и Брикетно-Желтухинском U-Mo-Re месторождениях, локализованных в угленосных отложениях нижнего карбона Подмосковского буроугольного бассейна.

Одним из геологических объектов, перспективных на **Re**, можно рассматривать слабоизученное эпигенетическое урановое (уран-молибденовое) оруденение Старорусского потенциально урановорудного района [3], приуроченное к верхнедевонским отложениям. В ходе проведения геологосъемочных работ в верхнедевонских отложениях на соседней Холмской площади (лист О-36-XXVI) в составе эпигенетического U-Mo-Re оруденения авторами выявлено высокое содержание **Re**. Развитая инфраструктура региона благоприятна для создания здесь рентабельного производства этого редкого металла.

В России далеко не исчерпаны возможности выявления новых ренийевых объектов, в том числе новых типов.

Исходные данные. На юго-востоке Главного девонского поля верхнедевонские отложения повсеместно выходят на дочетвертичный срез и представлены глинистыми, карбонатно-глинистыми и реже песчаными отложениями. Район расположен на северо-западе Московской синеклизы и имеет относительно простое геологическое строение: на породах архей-протерозойского фундамента моноклинально залегают породы осадочного чехла, плавно (первые градусы) погружающиеся в юго-западном направлении. На дочетвертичную поверхность выходят отложения верхнего девона, которые в юго-восточном направлении перекрываются отложениями нижнего карбона. Глубина залегания фундамента 1,6–2,4 км. В кровле фундамента фиксируется крупная грабенообразная структура – Крестецкий авлакоген, выполненный терригенными отложениями рифея. Его ось вытянута в северо-восточном направлении.

В строении фундамента, по данным региональных гравиметрических и магнитометрических съемок, принимает участие фрагмент протяженной межблоковой гнейсово-сланцевой Валдайской зоны (пояса) северо-восточного простирания, сложенный нижнеархейскими биотитовыми и биотит-амфиболитовыми гнейсами и амфиболитами, мигматитами и пегматоидными гранитами. На северо-западе площади располагается Новгородский блок, сложенный архейскими ортоклазовыми гранито-гнейсами [1].

В юго-восточной части Новгородской области на Холмской площади (лист О-36-XXVI) в 2013 г. в керне одной из скважины впервые на данной территории была выявлена U-Mo-Re минерализация (Находский пункт U-Mo-Re минерализации). Оруденение локализовано в верхнедевонских (верхний фран) песчано-глинистых отложениях куньинской свиты на глубине 67 м.

Методы исследований. Детально описаны и опробованы керн картировочной скважины, в которой выявлена U-Mo-Re минерализация, а также ряд представительных коренных отложений верхнего девона по р. Бол.Тудер в западной части Холмской площади. Отобранные пробы исследованы в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ. Химический состав пробы определен методом ICP-MS (масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой) (аналитики В. А. Шишлов, В. Л. Кудряшов). Силикатный анализ на петрогенные оксиды выполнен рентгенофлуоресцентным методом, определение содержания карбонатного углерода

($C_{\text{карб}}$) – методом кулонометрии, а общего углерода ($C_{\text{общ}}$) – методом инфракрасной спектрометрии (аналитик В. Н. Тарасова). Содержание $C_{\text{орг}}$ определено по разнице $C_{\text{общ}}$ и $C_{\text{карб}}$. Минеральный состав глини и глинистый цемент песчаников исследован с использованием рентгенофазового анализа (аналитик В. Ф. Сапега). U-Mo-Re оруденение изучено на растровом электронном микроскопе CamScanMV 2300 (аналитик Е. Л. Грузова). Из проб были изготовлены петрографические шлифы, исследованные на оптическом микроскопе.

Результаты исследований. Выявленный Находский U-Mo-Re пункт минерализации (ПМ) приурочен к породам куньинской свиты (верхний девон, верхний фран) и располагается в центральной части Холмской площади (лист О-36-XXVI) северо-восточнее д. Наход на руч. Ленница у д. Ленно. Скважиной глубиной 120 м вскрыты породы верхнего девона до верхней части снежской свиты.

Рассматриваемая минерализация установлена в интервале 67,18–67,22 м, приурочена к средней части сероцветного глинисто-песчаного прослоя (67,1–67,7 м), ограниченного сверху и снизу красноватыми глинистыми отложениями (рис. 1).

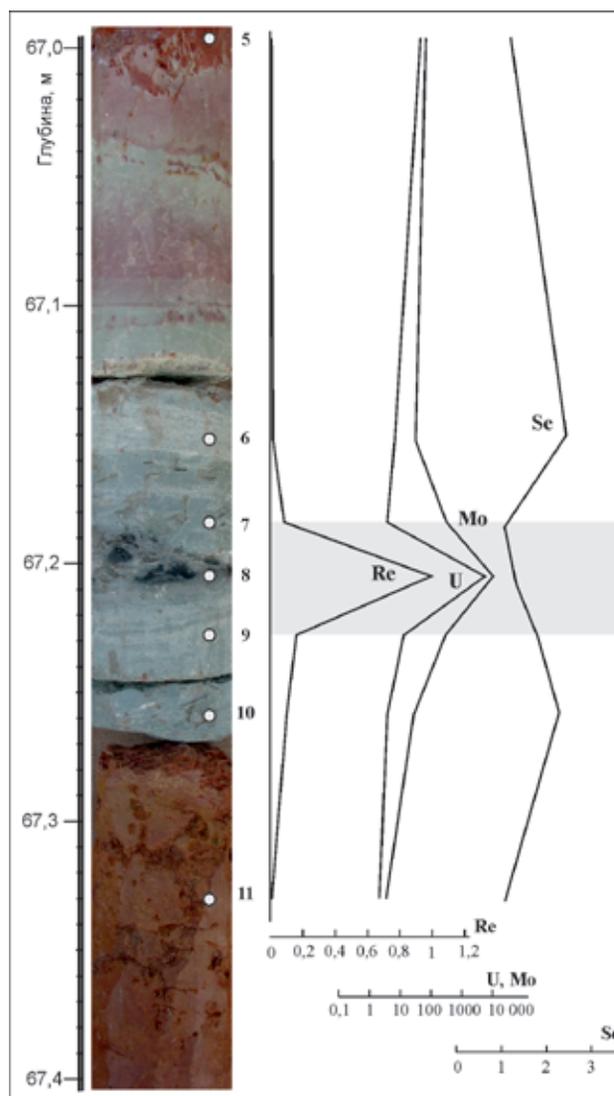


Рис. 1. Разрез скважины Находского пункта U-Mo-Re минерализации с содержанием Re, U, Mo и Se (в г/т)

Результаты рентгенофазового анализа
глинистой фракции пород рудного интервала
Находского пункта U-Mo-Re минерализации
и вмещающих пород, в %

Минерал	Номер пробы			
	4	7*	8*	9
Иллит	100	65	66,7	100
Каолинит	—	21,8	18,4	—
Иллит–смектит	—	6,3	6,9	—
Смектит	—	—	2,3	—
Хлорит	—	6,9	5,7	—
Сумма	100	100	100	100

*Рудный минерал.

По данным гамма-каротажа, на глубине 67,2 м в породах куньинской свиты зафиксированы значения до 118, а по данным промера ручным радиометром — до 140 мкР/ч.

Рудная минерализация представляет собой черный (сажисто-черный) тонкий слой глинистого, алевроглинистого материала мощностью 1–2 см, а весь рудный интервал, сложенный светло-серыми глинами с прослоями тонкозернистого кварцевого песчаника с глинисто-карбонатным (доломитовым) цементом, имеет мощность 4–5 см (67,17–67,22 м).

По данным рентгенофазового анализа (табл. 1) установлено, что глинистое вещество рудного интервала значительно отличается от глин выше- и нижележащих и в отличие от последних, представленных иллитом, содержит значительное количество каолинита 18,4–21,8, а также хлорит 5,7–6,9, смектит до 2,3 и иллит–смектит 6,3–6,9 %. По данным анализа в рудном интервале также был установлен повеллит (CaMoO_4).

С использованием *растрового электронного микроскопа* в пробах рудного интервала диагностированы минералы молибдена (рис. 2) — повеллит (CaMoO_4) и вульфенит (PbMoO_4) с примесью урана (в среднем 9,03 %).

Повеллит — типичный минерал зон окисления месторождений молибденовых руд, где

развивается по молибдениту, также встречается в сиенит-пегматитах и гидротермальных жилах совместно с исландским шпатом и цеолитами. Повеллит образует небольшие, пространственно сближенные минеральные выделения в глинистой массе или слагает «корки», реже образует зональные выделения, во внешней кайме которых наблюдается повышенное содержание Mo, Ca, Cu, а в центральной части Si, Al, K, Fe, Zn (рис. 2). По данным

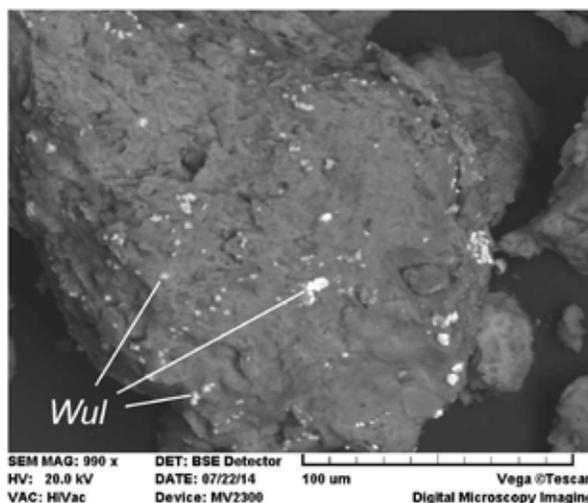
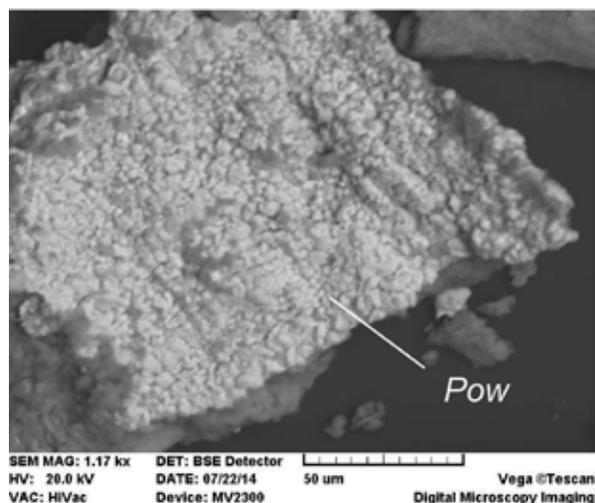
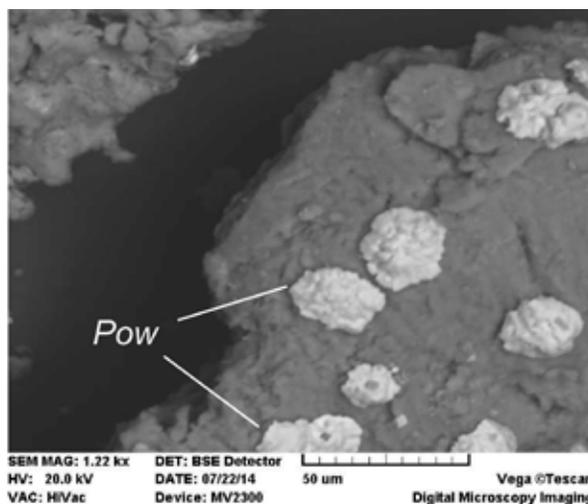
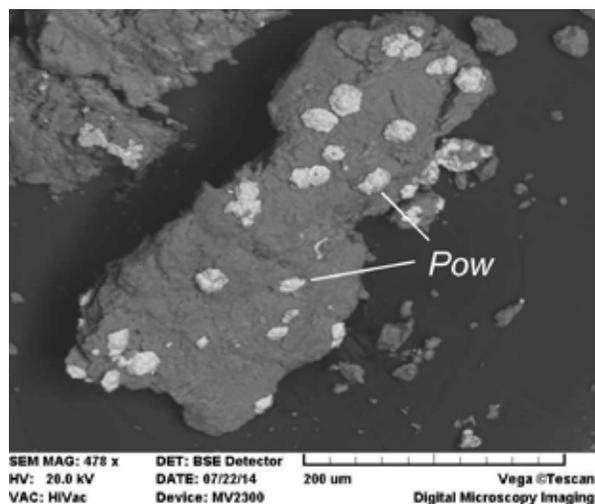


Рис. 2. Снимки с растрового электронного микроскопа выделений повеллита (Pow) и вульфенита (Wul) в пр. 8 рудного интервала Находского U-Mo-Re пункта минерализации

микронзондового анализа, в повеллите фиксируется примесь Sr, Ni, Cu и Fe.

Вульфенит характерен для зон окисления рудных жил, образуется в близповерхностных условиях. Его обычными спутниками являются кальцит, лимонит и др. На данном объекте вульфенит фиксируется в виде мелких выделений в глинах рудного интервала (рис. 2). Содержание U в вульфените по результатам трёх определений на микронзонде 9,03 % (от 8,21 до 10,43). В качестве примеси установлены Fe, Cu и Zn.

Минеральных фаз Re в пробах не выявлено. Однако можно предполагать его присутствие в виде примесей в минералах молибдена (повеллит, вульфенит) или наноразмерных обособлениях в глинистом веществе, не диагностируемых на используемом электронном микроскопе.

Геохимические особенности. Содержания химических элементов в породах рудного интервала Находского пункта минерализации приведены в табл. 2. В породах рудного интервала наравне с содержаниями Re до 1 г/т установлены высокие концентрации U до 0,5, Mo до 1 %, а также V до 475, Ni до 231, Ag до 1,42, Se до 2,45, As до 245, Ga до 33,5, Pb до 194 г/т (рис. 1).

Отметим, что распределение селена (Se) в профиле рудного интервала имеет характер, типичный для инфильтрационных эпигенетических объектов, когда пики его накопления фиксируются вне зоны богатых урановых руд. Комплексный характер оруденения (U, Mo, Re, Se, V) предполагает совместное движение этих элементов в едином рудном эпигенетическом процессе.

Южнее г. Холм в береговом обрыве у водопада на р. Бол. Тудер в толще глинисто-карбонатных отложений смотинско-ловатской свиты верхнего девона нами установлен пункт минерализации марганца с повышенным содержанием рения. По результатам химического анализа (табл. 2), в песчанике установлены высокие содержания MnO 0,21 %, повышенные содержания (в г/т): Cu 130, Pb 41,3, Ag 0,54 и Re 0,034 и обогащение пород органическим веществом $C_{орг}$ 0,31 %.

В непосредственной близости к пункту минерализации с марганцем в низовьях р. Тудер, в карбонатно-глинистых отложениях тудерской свиты, фиксируются тонкие (5–15 см) прослой темноватых (коричневато-серых) тонкозернистых песчаников с карбонатно-сульфидным цементом, прослеженные на 35–40 м. В этих прослоях выявлена стратиформная минерализация (пирит, пирротин, галенит, целестин и барит).

Дешифрирование материалов космического зондирования (Landsat-7) по территории Холмской площади (лист О-36-XXVI) позволило не только проследить тектонические нарушения (разломы, зоны дробления) в коренных породах (в частности, по р. Бол. Тудер у д. Бобяхтино и в ее нижнем течении, а также на р. Мал. Тудер у д. Билово), но и выявить сеть разнонаправленных линейных элементов на всей территории листа. Ориентировка нарушений преимущественно субмеридиональная, северо-северо-западная и ортогональная ей северо-восточная.

Низовья р. Бол. Тудер в районе моста у д. Бобяхтино в одной из зон дробления заполнена глинисто-карбонатным веществом мощностью около 0,8 м. В этой зоне установлены новообразованные

кальцит-баритовые агрегаты, анкерит, сростки галенит-кварц и галенит-апатит, пирит с примесью никеля от 3,18 до 5,09 и кобальта от 0,82 до 4,12 %. Полученные данные свидетельствуют об участии низкотемпературных гидротермальных процессов в формировании минерализации по этой зоне дробления. На участках размыва таких зон установлены контрастные шлиховые ореолы неизмененных неокатанного барита, галенита, сфалерита, флюорита, церрусита.

Проявление в данном регионе низкотемпературных гидротермальных процессов, приуроченных к тектоническим нарушениям в коренных породах верхнего девона, наряду с другими параметрами геологической среды (вещественный состав пород, проницаемость, условия залегания и др.), определили характер проявления эпигенетических процессов в данном районе.

Обсуждение результатов. Из-за малого объема фактических материалов и слабой буровой изученности трудно дать объективную оценку перспектив района на U-Mo-Re оруденение.

Ранее был выполнен региональный анализ материалов по ураноносности листов О-35-Псков, (N-35), О-36-Санкт-Петербург [1], что позволило выделить Печорско-Ильменскую потенциальную урановорудную минерагеническую зону (U, Mo, V/D₂₋₃) субширотного простирания. Её южная граница располагается в северо-западной части Холмской площади. Севернее, в пределах этой зоны, располагается Старорусский потенциальный урановорудный район (U, Mo, V/D₃) (рис. 3). В нём уран-молибденовое оруденение приурочено к породам снежской свиты верхнего девона (низы верхнего франа) [3]. Рениевая специализация Печорско-Ильменской зоны подтверждается наличием рения в составе комплексных U-Mo-Re проявлений в Изборском потенциальном урановорудном узле, расположенном на западе Псковской области [2, 4]. Определений рения на пунктах урановой минерализации и проявлениях Старорусского района не проводилось.

Юго-восточнее Холмской площади на листе N-36-III располагается комплексное U-Mo-Re Бельское месторождение, приуроченное к песчано-глинистым угленосным отложениям бобриковского и тульского горизонтов нижнего карбона, заполняющих протяженные палеодолины, выработанные в карбонатных породах верхнего девона – нижнего карбона. В этой части Подмосквовного угленосного бассейна выделяется система палеорусел, образующих Сафоново-Барятинскую палеорекку, к верховьям которой и приурочено Бельское месторождение. Согласно палеогеографическим построениям, поступление обломочного материала шло с приподнятой территории Главного девонского поля. Генезис оруденения однозначно не определён. Ряд исследователей связывает его формирование с развитием грунтового окисления, другие с поступлением металлоносных растворов из глубинных зон фундамента в период киммерийской активизации платформы [5].

Установленный U-Mo-Re Находский пункт минерализации в структурном отношении в пределах листа О-36-XXVI приурочен к пересечению крупной субмеридиональной зоны тектонических нарушений и разломом северо-западной и северо-восточного простирания. Кроме того, он

**Химический состав проб рудного интервала скв. 1 (Находский ПМ)
и песчаника смотинско-ловатской свиты (пр. 22) из обнажения на р. Малый Тудер
(содержание петрогенных оксидов и $C_{\text{общ}}$, $C_{\text{орг}}$, $C_{\text{карб}}$ в мас. %, микроэлементов в г/т)**

Элементы	Номер пробы					Нижний предел
	7	8	9	10	22	
	Глина серая алевритистая	Глина серая алевритистая	Песчаник светло-серый с прослоями серых глин	Глина серая песчанистая	Песчаник темно-серый до черного	
SiO ₂	51,5	57,9	55,3	57,6	42	0,02
Al ₂ O ₃	18,2	18,5	15,6	19,5	8,34	0,05
TiO ₂	1,01	1,03	0,91	1,2	0,54	0,01
Fe ₂ O ₃ _{общ}	4,78	4,26	4,11	6,68	2,58	0,01
MnO	0,06	0,05	0,07	0,03	0,21	0,01
MgO	4,51	3,14	4,3	2,62	8,8	0,1
CaO	4,28	2,28	4,83	0,71	13,8	0,01
Na ₂ O	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
K ₂ O	4,97	5,1	4,59	5,41	2,91	0,01
P ₂ O ₅	0,16	0,27	0,25	0,21	0,21	0,05
п.п.п.	10,4	7,24	10	5,93	20,7	0,1
Сумма	99,9	99,8	100	100	100	
Re	0,084	1	0,16	0,1	0,034	0,005
Mo	319	10 600	313	32,5	<0,6	0,6
U	3,76	5360	11,3	3,92	8,2	0,1
Li	65,8	143	53,6	58,6	29,8	1
Y	29,4	18,9	34,2	24	30,8	0,1
Zr	238	236	234	229	326	0,5
Nb	18,9	16,6	17,1	19,1	12,1	0,5
Ta	1,28	1,17	1,23	1,43	0,91	0,1
Ba	324	290	311	336	234	3
Sr	465	542	400	471	264	1
Be	3,07	4,6	2,98	4,31	1,37	1
La	48,2	33,9	46,5	42,9	36,7	0,01
Ce	85,2	64,9	87,2	74,5	82,7	0,01
Pr	8,76	7,12	9,63	8,62	9,82	0,01
Nd	29,7	24,3	35,4	28,3	36,8	0,01
Sm	5,72	4,53	6,22	5,1	7,13	0,005
Eu	1,2	0,89	1,52	1,17	1,39	0,005
Gd	4,9	3,91	5,67	4,68	6,42	0,01
Tb	0,86	0,65	0,97	0,74	0,94	0,005
Dy	5,14	3,95	6,09	4,71	5,81	0,01
Ho	1,01	0,76	1,32	0,87	1,06	0,005
Er	3,33	2,27	3,89	2,5	3,25	0,01
Tm	0,58	0,38	0,65	0,47	0,44	0,005
Yb	3,6	2,28	4,09	2,83	2,73	0,01
Lu	0,55	0,29	0,62	0,43	0,42	0,005
Sc	19,3	20,2	18,1	20,9	8,9	0,2
Ga	24,7	33,5	22,9	28	11,9	0,1
Ge	2,23	4,37	2,17	2,41	1,43	0,1
Cu	72,6	71,4	48,3	379	130	1
Zn	111	249	129	98,2	37,6	1
Cd	<0,1	0,94	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Tl	0,85	1	1,3	0,94	0,37	0,1
Pb	194	192	19,5	25,4	41,3	1
Sn	3,17	2,67	2,24	3,1	1,17	0,2
Hf	6,23	5,74	6,54	6,17	7,46	0,01
Se	1,08	1,31	1,85	2,3	2,38	0,3
V	91,9	475	119	182	53	2,5
Cr	101	95,3	78,2	102	54,2	1
Ni	231	202	199	201	23,5	1
Co	144	65	39	28	17,6	0,5
Sb	0,29	7,2	0,46	0,32	0,17	0,1
Bi	0,99	1,08	0,99	0,33	0,11	0,1
W	1,43	1,22	1,3	2,24	0,68	0,5
Th	15	16,5	15,1	15,5	11,6	0,1
As	1,33	245	2,09	2,09	2,11	1
Ag	0,86	1,78	1	0,34	0,21	0,05
C _{общ}	1,59	0,9	1,8	0,18	5,27	0,03
C _{карб}	1,42	0,5	1,6	0,12	4,96	0,03
C _{орг}	0,17	0,4	0,2	0,06	0,31	0,03

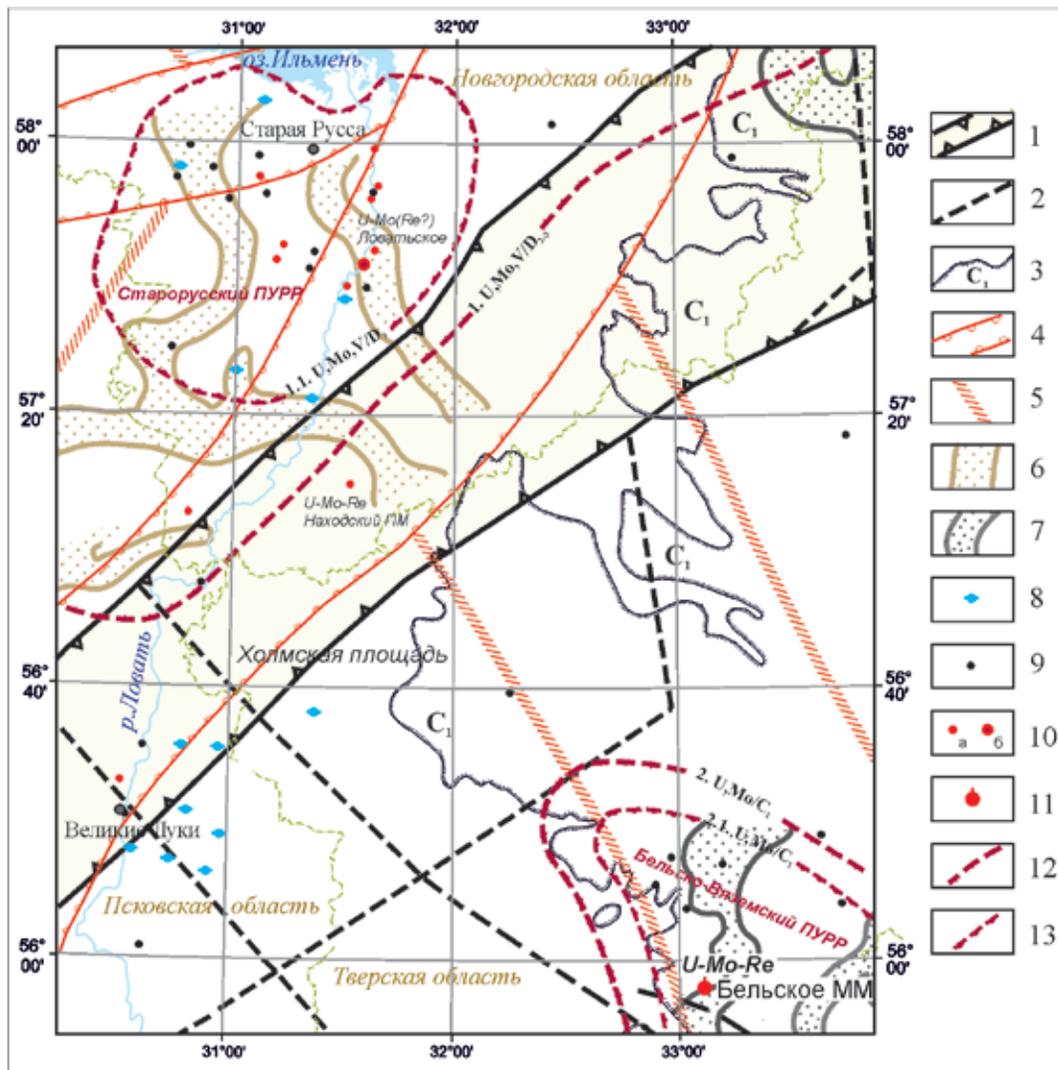


Рис. 3. Схема расположения района исследований относительно близрасположенных потенциальных урановорудных зон, областей и районов

1, 2 – тектонические нарушения в фундаменте: 1 – границы Крестецкого авлакогена, 2 – разломы; 3 – региональное несогласие между верхним девонем и нижним карбоном; 4, 5 – зоны трещиноватости: 4 – границы площадных зон трещиноватости, 5 – линейные зоны трещиноватости; 6, 7 – долинообразные палеодепрессии: 6 – в отложениях верхнего девона (снежская свита), 7 – в отложениях нижнего карбона (визе); 8 – радиогидрогеологические аномалии в подземных водах с содержанием урана $n \times 10^{-5}$ г/л; 9 – аномалии радиоактивности, 10 – пункты минерализации (а) и проявления (б) уранового и комплексного уран-молибден-ванадий-ренийевого оруденения, 11 – Бельское U-Mo-Re месторождение; 12, 13 – минерагенические подразделения с U-Mo-V-(Re?) специализацией: 12 – потенциальные урановорудные зоны и области (1 – U, Mo, V/D₂₋₃ – Печорско-Ильменская зона, 2 – U, Mo, V/C₁ – Подмосковная область), 13 – потенциальные урановорудные районы (1.1 – U, Mo, V/D₃ – Старорусский, 2.1 – U, Mo/C₁ – Бельско-Вяземский)

располагается в пределах региональной Невельско-Пикалевской зоны площадной трещиноватости северо-восточного простирания (рис. 3). Такая структурная позиция оруденения может указывать на связь оруденения с участками повышенной проницаемости в осадочном чехле.

В качестве эталонного объекта для U-Mo-Re оруденения, установленного на Холмской площади, можно выдвинуть Ловатское U-Mo проявление Старорусского потенциального урановорудного района. На рений оно не опробовано. Предполагается, что формирование оруденения на Ловатском уран-молибденовом проявлении связано с активизацией долгоживущих тектонических нарушений и разгрузкой по ним из глубин металлоносных

низкотемпературных гидротерм в отложения осадочного чехла. Проникновение металлоносных (в частности урансодержащих) растворов в проницаемые песчано-глинистые отложения верхнего девона приводило к формированию оруденения в слюдисто-песчано-глинистых образованиях, чрезвычайно схожих с гидротермальными аргиллизитами [3].

В конце 70-х годов XX в. специалистами ПГО «Невскгеология» была предпринята попытка изучения Ловатского U-Mo проявления, которое ранее исследовалось только на береговых обрывах р. Ловать. Однако буровые работы были сосредоточены непосредственно около береговых обнажений и велись на глубине в первые десятки метров, что не

дало нового представительного материала по проявлению и его рудоносности.

Наличие проницаемых зон трещиноватости в осадочном чехле Холмской площади благоприятно для вертикальной миграции рудоносных растворов и определяет характер эпигенетических процессов.

Обращает на себя внимание расположение проявлений комплексной минерализации в краевой части погребенной рифтогенной структуры фундамента – Крестецкого авлакогена. Как известно, рифейские и нижневендские отложения, заполняющие протяженные палеорифтовые системы (авлакогены) в фундаменте центральных районов Русской плиты, рассматриваются как перспективные на обнаружение залежей углеводородов.

Вертикальные потоки подземных вод, образованные при участии рудоносных растворов, поступающих из зоны Крестецкого авлакогена (воды глубокой циркуляции), могли содержать в своем составе углеводороды и Re, обладающий органофильными свойствами. По зонам трещиноватости растворы двигались вверх и далее разгружались в моноклинально залегающие отложения осадочного чехла. Движение рудоносных растворов в чехле определялось его нарушенностью (трещиноватостью), на что указывает расположение оруденения в тектонической зоне северо-западного простирания (по материалам дешифрирования данных космического зондирования). Рудоносные растворы, вероятнее всего, термальные, так как рудные минералы представлены повеллитом и вульфенитом.

Предполагается, что формирование оруденения связано с активизацией долгоживущих тектонических нарушений и разгрузкой по ним из глубин металлоносных низкотемпературных гидротерм в отложения осадочного чехла. Проникновение металлоносных растворов в проницаемые песчано-глинистые отложения верхнего девона привело к формированию комплексного оруденения в алевро-песчано-глинистых образованиях, чрезвычайно схожих с гидротермальными аргиллизитами.

Для Ловатского уранового проявления, расположенного в низовьях р. Ловать, также локализованного в пестроцветных отложениях верхнего девона, разработана геолого-генетическая модель [3], предполагающая проявление рудоформирующих гидротермальных процессов над бортовой зоной Крестецкого авлакогена. Аналогичную модель формирования, предполагающую участие низкотемпературных гидротермальных процессов (аргиллизитов?), можно предложить и для формирования U-Mo-Re оруденения на Холмской площади.

Исходя из предложенной геолого-генетической модели формирования **U-Mo-Re оруденения**, возможно, как в отложениях куньинской и снежской свит верхнего девона (по аналогии с Ловатским U-Mo проявлением), так и в более низких интервалах разреза, содержание проницаемых отложений.

Для уточнения условий размещения комплексного **U-Mo-Re эпигенетического оруденения** и перспектив района на уран и редкие металлы (в том числе Re) необходимы поисково-оценочные работы. Можно рекомендовать доизучение района Находского пункта U-Mo-Re минерализации (бурение скважин глубиной до 300 м по профилям), а также системное исследование Ловатского **U-Mo** проявления Старорусского района (с бурением скважин

глубиной до 300 м), перспективного на обнаружение ренийевого (U-Mo-Re) оруденения.

Важно отметить, что для отработки U-Mo-Re объектов данного района, при условии локализации оруденения в проницаемых песчаных (алевропесчаных) прослоях, ограниченных сверху и снизу глинистыми водоупорами, может быть использован современный эффективный метод скважинного подземного выщелачивания.

Выводы. В верхнедевонских отложениях юго-восточной части Главного девонского поля на Холмский площади (лист O-36-XXVI) в песчано-глинистых отложениях куньинской свиты (верхний фран) в картировочной скважине установлен пункт **U-Mo-Re минерализации с высоким содержанием Re** (до 1 г/т). По данным минералого-геохимических исследований, в образцах из рудного интервала диагностированы минералы молибдена – повеллит и вульфенит. Можно полагать, что Re входит в состав этих минералов, замещая в них молибден. В породах рудного интервала установлены высокие концентрации (в %): U до 0,5, Mo до 1, а также Se, V, Ni, Ag, As, Ga, Pb.

В геолого-структурном отношении рассматриваемый район приурочен к краевой части Крестецкого авлакогена – рифтогенной зоне фундамента позднерифейско-вендского возраста. В осадочном чехле района установлены разрывные нарушения и разноранговые зоны трещиноватости. Тектонические нарушения в коренных породах верхнего девона осложнены низкотемпературной гидротермальной минерализацией с новообразованным баритом, анкеритом и доломитом, а также галенитом, пиритом (часто с примесью Ni и Co), апатитом. Разрыв таких тектонических зон современными водотоками фиксируется контрастными шлиховыми ореолами барита, галенита, сфалерита, флюорита, церрусита. Наличие проницаемых зон в осадочном чехле благоприятно для вертикальной миграции рудоносных растворов и определяет характер эпигенетических процессов.

Установленное **U-Mo-Re оруденение имеет эпигенетическую природу**, а в качестве его аналога можно рассматривать слабоизученное Ловатское U-Mo проявление Старорусского потенциально урановорудного района, расположенного в низовьях р. Ловать. Оно не было изучено на **Re** и редкие элементы. Проведенный анализ свидетельствует о том, что северо-западная часть Холмской площади, Ловатское **U-Mo** проявление и другие урановые объекты Старорусский ПУРП перспективны на комплексное **U-Mo-Re оруденение**. Рекомендуются поисково-оценочные работы на остродефицитный **Re** и другие редкие металлы в составе эпигенетического **U-Mo-Re оруденения** с оценкой их прогнозных ресурсов. При благоприятных горно-геологических условиях для отработки рассматриваемых объектов может быть использован современной эффективный метод скважинного подземного выщелачивания.

Описанное оруденение выявлено в ходе картировочного бурения в результате проведения геологосъемочных работ ГК-200/2 на листе O-36-XXVI (ВСЕГЕИ), что подтверждает эффективность буровых работ в рамках ГК-200/2 платформенных областей с мощным осадочным чехлом, где оруденение, в том числе редкометалльное, может концентрироваться на нескольких уровнях в слоистой

толще чехла. Для повышения качества геологических материалов и вскрытия металлогенического потенциала территорий в дальнейшем при проектировании работ по ГК-200/2 платформенных областей, как правило, характеризующихся слабой обнаженностью и широким развитием четвертичных образований, целесообразно увеличение объема буровых работ.

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объясн. зап. / В.Р. Вербицкий, И.В. Вербицкий, О.В. Васильева и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 510 с.

2. *Енгальчев С.Ю.* Перспективные на рений объекты в осадочном чехле северо-запада Русской плиты // *Разведка и охрана недр.* 2013. №5. – С. 5–8.

3. *Енгальчев С.Ю.* Структурная позиция и геолого-генетическая модель формирования урановых объектов Южного Приильменья на северо-западе Русской плиты // *Регион. геология и металлогения.* 2012. № 50. – С. 73–79.

4. *Енгальчев С.Ю.* Эпигенетические рений-уран-молибденовые концентрации в верхнедевонских отложениях на западе Псковской области // *Разведка и охрана недр.* 2012. № 6. – С. 12–16.

5. *Кременецкий А.А., Лунева Н.В., Куликова И.М.* Бельское Re-Mo-U месторождение: минералого-геохимические особенности, условия формирования, технология извлечения рения // *Разведка и охрана недр.* 2011. № 6. – С. 33–41.

6. *Трач Г.Н., Бескин С.М.* Ресурсный потенциал рения территории России // *Разведка и охрана недр.* 2011. № 6. – С. 26–33.

1. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Central'no-Evropejskaya. Listy O-35 – Pskov, (N-35), O-36 – Sankt-Peterburg. Obyasn. zap. [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). The Series of Central European. Sheets of O-35 – Pskov, (N-35), O-36 – Saint Petersburg. Explanatory note]. Eds. by V.R. Verbitsky, I.V. Verbitsky, O.V. Vasilyev et al. St. Petersburg: Cartographic factory VSEGEI. 2012. 510 p.

2. Engalychev S.Y. Perspective on the rhenium objects in the sedimentary cover of the North-West of the Russian plate. *Razvedka i ohrana neдр.* 2013. No 5, pp. 5–8. (In Russian).

3. Engalychev S.Yu. Structural position and geological-genetic model of formation of uranium objects in the southern apron in the North-West of the Russian plate. *Region. geologiya i metallogeniya.* 2012. No 50. pp. 73–79. (In Russian).

4. Engalychev S.Yu. Epigenetic rhenium-uranium-molybdenum concentrations in Upper Devonian sediments in the West of the Pskov region. *Razvedka i ohrana neдр.* 2012. No 6, pp. 12–16. (In Russian).

5. Kremenetsky A.A., Luneva N.V., Kulikova I.M. Belsky Re-Mo-U mine: mineralogical and geochemical features, conditions of formation, the technology of extraction of rhenium. *Razvedka i ohrana neдр.* 2011. No 6, pp. 33–41. (In Russian).

6. Trach G.N., Beskin S.M. Resource potential rhenium territory of Russia. *Razvedka i ohrana neдр.* 2011. No 6, pp. 26–33. (In Russian).

Енгальчев Святослав Юрьевич – ст. науч. сотрудник, канд. геол.-минер. наук, ВСЕГЕИ¹. <sleng2005@mail.ru>

Вербицкий Иван Владимирович – и.о. зав. отдела, ВСЕГЕИ¹. <Ivan_Verbitsky@vsegei.ru>

Бутаков Павел Михайлович – геолог, ВСЕГЕИ¹. <slipkorn@inbox.ru>

Engalychev Svyatoslav Yur'evich – Senior Researcher, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, VSEGEI¹. <sleng2005@mail.ru>

Verbitsky Ivan Vladimirovich – Acting Head of the Department, VSEGEI¹. <Ivan_Verbitsky@vsegei.ru>

Butakov Pavel Mihajlovich – Geologist, VSEGEI¹. <slipkorn@inbox.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.