

**РЕНИЕНОСТЬ ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЧЕХЛА
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ: СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА****С. Ю. Енгальчев***Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
им. А. П. Карпинского, г. Санкт-Петербург**Поступила в редакцию 28 февраля 2013 г.*

Аннотация. Характеризуется рениеность осадочного чехла Европейской части России. Приведено структурно-вещественное описание разновозрастных осадочных комплексов и ураноносных объектов, в рудах которых установлены повышенные содержания Re. На основе анализа имеющихся материалов обоснован новый подход к построению геолого-генетических моделей осадочных комплексов и уран-полиэлементных аккумуляций, обогащенных Re. Их существенными элементами являются долгоживущие сквозные рудоносные системы глубокого заложения.

Ключевые слова: рений, уран, металлогения осадочных комплексов, Восточно-Европейская платформа.

Abstract. The work is dedicated to rhenium content features of the sedimentary cover of European Russia. The paper provides a detailed structural-material characteristic of sedimentary cover complexes of different age and uranium deposits, the ores of which contain increased rhenium content. Analysis of the available data enables to prove a new approach to constructing the geological-genetic models of sedimentary complexes and uranium-polyelement deposits in the sedimentary cover, enriched in rhenium, an essential element of which is the presence of long-lived deep continuous ore-bearing systems.

Key words: rhenium, uranium, metallogeny of sedimentary complexes, East European Platform, geological-genetic models

Введение

В последние десятилетия спрос на рений растет, что вызвано расширением областей его применения в промышленности. Собственные месторождения этого редкого (кларк Re – $1 \cdot 10^{-7}$ %) и остродефицитного металла не известны. Основным источником промышленного производства Re являются Cu-Mo руды медно-порфировых месторождений [1]. Кроме того его добывают из эпигенетических инфильтрационных руд (месторождения зон пластового окисления) и медистых песчаников. Основным производителем рения является Чили (53 % мировой добычи, 48,7 % мирового производства), США и Казахстан. В России минерально-сырьевая база рения не сформирована [1, 2], что требует проведения специальных исследований оценки рениености отдельных территорий и объектов, при этом, особого внимания заслуживают площади, на которых уже имеются прямые признаки (высокие содержания рения в породах и рудах).

Трудность выделения перспективных объектов, связана с отсутствием качественных аналитических данных о содержании рения, что определяется его низкими содержанием в породах и рудах, а также низкой чувствительностью аппаратуры.

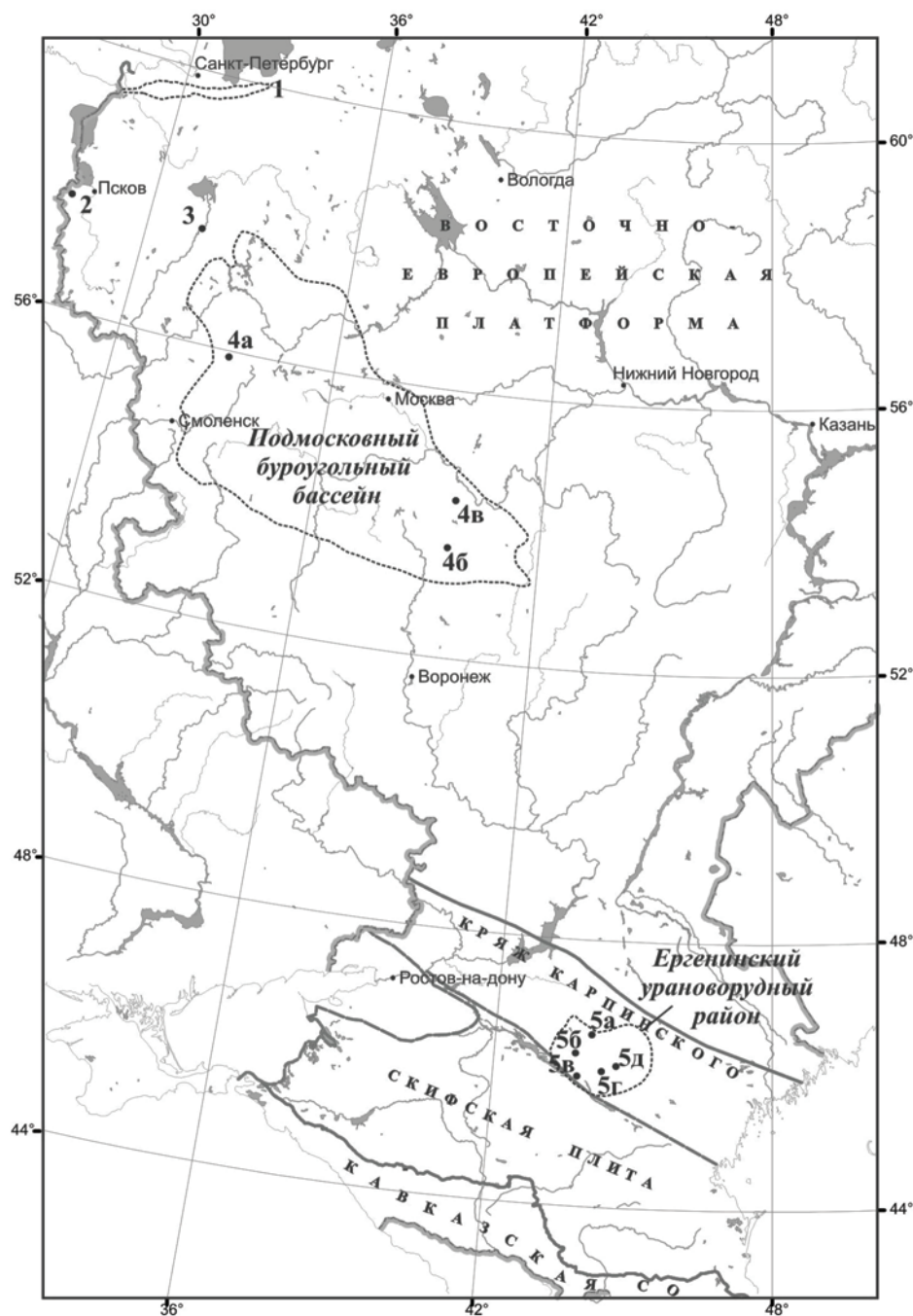
При определении перспектив рениености плитных комплексов платформ пристальное внимание привлекают высокие содержания рения в ассоциации с ураном, молибденом и рядом редких и благородных металлов в черносланцевых комплексах, занимающие значительные площади и имеющие в ряде случаев большие мощности. Оценки рениености осадочного чехла платформ России не проводилось, в связи с чем, важной задачей является проведение специализированных исследований осадочных комплексов древних и молодых платформ территории Российской Федерации для выявления перспектив их рениености.

Цель работы состоит в обобщении материалов по рениености осадочного чехла европейской части России с рассмотрением условий их формирования.

Основные результаты

На европейской части России выделяется несколько объектов в осадочном чехле, к которым приурочены повышенные содержания рения: диктионемовые сланцы нижнего ордовика на северо-западе Русской плиты с комплексной (Re, Mo, U и др.) рудоносностью; Re-U-Mo проявления в верхнедевонских отложениях на западе Псковской области; боксит-угленосный комплекс нижнего кар-

бона, к отложениям которого приурочены Re-Mo-U месторождения и проявления, типичным примером является Бельское месторождение; месторождения; сульфидно-фосфатно-ураново-редкометалльные месторождения и рудопроявления Ергенинского рудного района (Калмыкия, Ростовская область) в отложениях майкопской серии (олигоцен – нижний миоцен) (рис. 1).



Условные обозначения: 1 – область распространения диктионемовых сланцев нижнего ордовика, 2 – Re-U-Mo Печорское проявление в отложениях верхнего девона, 3 – Ловатское урановое проявление в отложениях верхнего девона, 4 – Re-Mo-U месторождения в отложениях нижнего карбона Подмоскванного буроугольного бассейна (4а – Бельское, 4б – Брикетно-Желтухинское, 4в – Алексеевское), 5 – наиболее крупные ураново-редкометалльные месторождения Ергенинского урановорудного района (5а – Яшкульское, 5б – Богородское и Шаргадыкское, 5в – Степновское, 5г – Багабурульское, 5д – Южно-Буратинское и Прудовое)

Рис. 1. Схема размещения описанных в тексте рениевых объектов в осадочном чехле Европейской части России

На северо-западе Русской плиты в нижней части разреза ордовикских отложений, развитых к югу от Балтийско-Ладожского глинта, располагается пласт **углеродистых диктионемовых сланцев** (копорская свита, пакерортский горизонт, тремадокский ярус, нижний ордовик). На территории России он прослеживается в субширотном направлении примерно на 300 км от р. Сясь на востоке до р. Нарва на западе. Далее на запад пласт прослеживается в Эстонию и Швецию. На российской территории мощность сланцев колеблется до 4,5-5 м в западной части территории до 0,2 м в районе р. Сясь, а глубина залегания колеблется от 0 до 56 м.

В составе сланцев присутствует кварц, микроклин, калиевый полевой шпат (санидин), а также минералы-примеси – иллит, гетит, церуссит, гипс, сульфиды (пирит, марказит, галенит, халькопирит), реже монацит и апатит. Органическое вещество в сланцах составляет 10-15 % [3].

К пласту диктионемовых сланцев приурочено несколько месторождений урана (Котловское, Раноловское, Кайболовское, Куммолоское и Красносельское) со средним содержанием урана 0,02-0,035 % и ряд рудопоявлений [4]. В ассоциации с ураном установлены аномально высокие содержания Mo (в среднем 0,02 %), V (0,09 %), Ni (0,015 %), а также Zn, TR, Sc, Re и других элементов. В последние годы в сланцах также установлено наличие благороднометалльной минерализации (Pd, Pt, реже Au и Ag) [3].

Повышенные содержания Re в сланцах были выявлены в конце 70-х годов прошлого века [5]. На современном этапе исследований с использованием современного аналитического оборудования были установлены средние значения рения в сланцах (0,21 г/т) и его аномальные содержания до 3,6 г/т [6, 3]. С рением в сланцах ассоциируют Cu, Ni, Co, Pb, Mo, Cd, Tl. В ассоциации с Cu, Se, Mo, Ag, In, Sb, Tl, Th, U рений присутствует в виде примеси в составе сульфидной (пирит, марказит) минерализации, содержание которой в сланцах достигает 8-10 %. Кроме вхождения в состав сульфидов, Re ассоциирует с органическим веществом сланцев и также находится в породах в виде легкоподвижных (ионных, молекулярной и коллоидной) форм.

Диктионемовые сланцы формировались в условиях эпиконтинентального мелководного морского бассейна. В качестве источника урана большинством авторов рассматривается вулканический (пирокластический) материал, разложение которого привело к обогащению толщи осадков ураном

и элементами-примесями. Кроме того, вероятно поступление U, Re и ряда рудных элементов из фундамента по разрывным нарушениям региональной Балтийско-Мезенской зоны. Косвенно в пользу последнего предположения указывают аномально высокие содержания в сланцах ртути [7]. Ранее автором была высказана идея наличия в данном районе сквозных рудоносных система, функционирование которых привело к формированию многоуровневых урановорудных районов [8]. Наличие высокой корреляции содержаний U и Re (коэффициент корреляции 0,83 [3]) позволяет допустить их совместное перемещение и концентрацию в таких системах.

При изучении распределения Re и U в сланцах необходимо учитывать проявление поздних эпигенетических процессов в ордовикской толще, результатом которой стало перераспределение легкоподвижных химических элементов в пределах пласта. О мезозойском времени проявления эпигенетических процессов указывает возраст урановой минерализации (70 млн лет по настурану) в сланцах. Однако, масштабы, интенсивность и локализация процессов перераспределения пока не изучены.

Печорское рений-уран-молибденовое проявление расположено у пос. Печоры (запад Псковской области) в пределах разрабатываемого в настоящее время Печорского месторождению тугоплавких глин и приурочено к нижней терригенной части разреза верхнедевонских отложений (гауйская свита).

Черные уран-молибденовые стяжения в толще глин гауйской свиты, были установлены в конце 1970-х гг. [9]. В последние годы на объекте были проведены исследования, позволившие обосновать геолого-генетическую модель их формирования и выявить высокие содержания Re [10, 11].

Отложения швентойского горизонта, вскрытые в карьере представлены в верхней части аматской свитой (песчаники с редкими прослоями глин) мощностью 5-6 м, а в нижней части гауйской свитой (серыми, голубовато-серыми тугоплавкими глинами, содержащими редкие прослои алевролитов) мощностью 10-12 м. Отложения, вероятнее всего, сформировались в подводно-дельтовых условиях. Глины гауйской свиты залегают на неровной кровле песчаных отложений буртниецкого горизонта верхнего девона.

Рудные (Re-U-Mo) новообразования установлены в тонких прослоях алевролитов и песчаников в глинах гауйской свиты, а также к кровле песчаных

отложений буртниецкого горизонта. Специфическая (серая, голубовато-серая) окраска отложения гауйской свиты указывает на интенсивное проявление эпигенетических изменений восстановительного характера (оглеение). Выделяется несколько разновидностей рудных новообразований: 1) плотные обособления дисковидной формы (около 3-7 см в диаметре), окруженные чернильно-синими каймами мощностью 0,5-2 см. Такие обособления широко распространены в нижней части свиты и на некоторых участках рассеяны по массе породы, образуя зоны мощностью 1-1,5 метра, протягивающиеся на 8-12 м. Именно с этой разновидностью рудных обособлений связаны наиболее высокие содержания Re (до 3,49 г/т), U (до 0,53 %) и Mo (до 7,29 %), а также Se, V, Y и As; 2) глинистые алевриты с тонкими прослоями песчаников, окрашенные в черный цвет, образующие цепочки и линзы протяженностью до 40-60 м при мощности от 5 до 20-30 см, или выделения неправильной, субпластовой, формы. Re-U-Mo минерализация в линзах представлена сажеподобной массой, развивающейся в цементе песчаных и глинистых алевритов; 3) рудная минерализация в виде заполнения трещин протяженностью 10-15 см, установлена вблизи рудных выделений первой разновидности.

Рудные новообразования сложены преимущественно рентгеноаморфным веществом, однако, в его составе диагностирован иордизит и урановые черни. Содержание органического вещества в рудных включениях – 0,046-0,05 (до 0,15 %), во вмещающих глинах – 0,029-0,064 %. Содержание Re в рудных включениях составляет от 1,38-3,94 г/т, тогда как во вмещающих глинах – 0,015-0,027 г/т. В ассоциации с Re присутствует Mo, U, Se, Ni, As, Cu, Co, As, Pb, Sb, Zn. Исследования состав новообразований свидетельствуют о связи Re с сульфидами.

Как показали исследования аномалии U, Mo и Re в данном районе приурочены к сквозным зонам тектонических нарушений пересекающих фундамент и осадочных чехол. Такие зоны являющихся участками повышенной проницаемости для флюидов (вода, сероводород, углеводороды), являющиеся участками разгрузки глубинных вод. Вдоль них могут формироваться локальные зоны вторичного восстановления, а при наличии кислородных вод обогащенных ураном, молибденом и рением могут создаваться условия, благоприятные для формирования их повышенных концентраций на окислительно-восстановительных барьерах. В пользу эпигенетической природы Печорского проявления

свидетельствуют данные изотопного определения возраста рудных стяжений (70-110 млн лет), выполненного по изотопам свинца.

Вопрос об источнике вещества, рудных Re-U-Mo аккумуляций, остается открытым. Учитывая приуроченность рассматриваемого проявления к региональным тектоническим нарушениям северо-восточного направления можно предположить, что первичный источник рудных элементов связан с кристаллическим фундаментом, из которого рудное вещество по тектоническим зонам восходящими трещинно-жильными водами было вынесено в девонскую толщу. Можно допустить мобилизацию вещества и из вмещающих пород.

Ловатское Mo-U проявление [12] в южном Приильменье имеет сходные геолого-структурных условий с Печорским проявление, что позволяет рассматривать его в качестве перспективного объекта на Re.

В боксит-угленосных отложениях C_p, слагающих юго-западное крыло Московской синеклизы выявлен ряд Re-Mo-U месторождений и рудопроявлений. В отложениях тульского и бобриковского горизонтов на территории Подмоскownого бурого бассейна установлено Re-Mo-U Бельское и Брикетно-Желтухинское месторождение и ряд проявлений [13].

В северо-западном регионе Русской плиты отложения тульского горизонта представлены сложно построенным комплексом, чередованием песчаников, глин и боксит-угленосных отложений, которые с размывом залегают на породах D₃, а в более южных районах – C₁. Отложения формировались в континентальных и прибрежно-морских условиях.

Комплексное Re-Mo-U Бельское месторождение на юге Тверской области у г. Белый приурочено к одноименной палеодолине каменноугольного времени. Оруденение локализуется в песчано-глинистых отложениях визейского яруса. Выявлено десять рудных пластов и слоев на глубине от 14 до 150 м.

Уран находится как в тонкодисперсной легкорастворимой коллоидной форме, ассоциирующей с глинистым и органическим веществом, так и в виде урановых черней, настурана и гидронастурана. Урановая минерализация часто приурочена к тонким прослоям углистых и алевритистых глин, сажистым углям на их контакте с перекрывающим кварцевыми песчаниками. Содержание U составляет 0,01-0,2 % (среднее 0,044 %). Руды также содержат Mo до 0,06 %, Cu до 0,1 %, V, Pb, Re. В

рудах Re присутствует в формах оксидной (гидроксидной), сульфидной (изоморфная примесь в сульфидном – пирит, сфалерит, лимонит, галенит, пирротин, – цементе песчаников, сульфидные новообразования в углях, самородной [13]. В углях содержание Re колеблется от 0,83 до 4,14 г/т. Мощность рениевого интервала составляет 2-19 м, средневзвешенные содержания Re 1,05 г/т Re (в интервале 0,3–5,7 г/т). Наибольшая концентрация Re приурочена к пескам, насыщенным углистым детритом и дисульфидами железа, в меньшей степени к углистым глинам, углям.

Высокие содержания Re также установлены на Брикетно-Желтухинском Re-Mo-U месторождении, расположенном в Скопинском районе Рязанской области. Месторождение приурочено к углублению Скопинской палеодолины, так называемому “Рясскому рву”. Глубина залегания руд 30-85 м, средние содержания в рудах: U – 0,028 %, Mo – 0,037 %, Re – 2-4 (до 32) г/т.

Кроме того, на фоне повышенного содержания рения в боксит-угленосных отложениях C_1 в зоне Карбонового уступа на востоке Новгородской области (Боровичско-Бокситогорский участок), здесь автором в отдельных пробах были выявлены содержания Re до 1,93 г/т. Последнее позволяет говорить о возможности выявления специализированных на рений объектов в этом районе [14].

Генезис Re-Mo-U оруденения этого района в настоящее время остается дискуссионным. Ранее господствовало мнение об эпигенетической природе оруденения, однако структурный контроль оруденения субширотными раздвиговыми шовными зонами кристаллического фундамента свидетельствует в пользу поступления части рудного вещества с глубин за счет разгрузки глубинных металлоносных растворов. Месторождение и проявления Re располагаются в унаследованной от фундамента фанерозойской раздвиговой структуре – Калужской ступенчатой моноклизе. Значительная удаленность возможных источников Re на Воронежском кристаллическом массиве от рассматриваемых объектов ставит под сомнение гипотезу поступления рения из этой области.

На юге европейской части России, на территории кряжа Карпинского, располагается **Ергенинский урановорудный район**, рудные объекты которого приурочены к отложениям морской глинистой формации майкопского времени (P_3-N_1 mk). Глубина залегания рудных горизонтов сложенных костным детритом колеблется от 100–120 до 900 м. В пределах района установлены 13 месторождений

(Степновская, Центральная, Яшкульско-Троицкая, Воробьевская, Нугринская, Северо-Харабулукская, Прудово-Южнобуратинская, Багабурульская, Шаргадыкская, Богородская залежи), десятки рудопроявлений и многочисленные пункты минерализации. Залежи представляют собой маломощные (дециметры и первые метры), протяженные (многие километры) пластообразные тела. Основными компонентами P-TR-U руд являются костный детрит рыб (фторапатит, франколит), сульфиды железа (пирит с примесью As, Cu, Ni, Mn, сфалерит), глины и карбонаты (кальцит). Среднее содержание в костном детрите рудных горизонтов в целом составляет: ΣTR – 1,13 %; U – 0,2 %. Наиболее высокие содержания U отмечаются в фосфорном типе руд, Sc – в фосфатном и смешанном типах, Re и Mo – в сульфидном ($S > 20$ %, $Fe_2O_3 > 30$ %, Al_2O_3 около 5 %, CaO около 6 %). Обращает на себя внимание наличие в составе руд W (шеелит), Au (купроаурид), Ag (аргентит) и MPG. Комплексные месторождения Ергенинского рудного района, по-видимому, потенциально пригодны к обработке различными способами (карьер, скважинная гидродобыча) с последующим извлечением рудных компонентов кучным выщелачиванием. Однако, для определения возможности их освоения требуется проведение геолого-экономических и, главное, технологических исследований.

Рений постоянно присутствует в рудах Ергенинского района (средние содержания 0,2-1,4 г/т, до 3,98 г/т) [15]. В отличие от урана, минимальные концентрации Re характерны для фосфорного типа руд, тогда как повышенные значения Re (0,8–1,2 г/т) приурочены к высокосернистому и смешанному типу руд (S – 12-15 % и P_2O_5 – 12–22 %). Установлено, что при одинаковой сернистости на различных месторождениях наблюдаются вариации по Re, что свидетельствует о специфике каждого объекта по проявлению процессов накопления металла. По-видимому, рений в породах находится в двух минеральных формах: сульфидной (ReS_2), когда он может входить в виде изоморфной (или самостоятельной минеральной) примеси в молибденит или пирит, и оксидной – ReO_2 . Исследования по определению минеральных форм Re в рудах этого района пока не проводились.

Формирование уникальных рудных залежей Ергенинского района и Мангышлака выделяющихся по своему вещественному составу и рудоносности (TR, P, U, Mo, Sc, Re и др), во многом остается дискуссионным. Автор, как и А.А.Шарков [16], связывает формирование этих уникальных

залежей с повторяющейся активной подводной вулканической деятельностью при образовании отложений майкопской серии на территории Восточного Паратетиса. Вулканизм сопровождался мощной разгрузкой в воды палеобассейна глубинных флюидных потоков, несущих рудные компоненты. Флюидные разгрузки приводили к масштабному развитию биоты, вблизи очагов разгрузки, а импульсное, кратковременное поступление флюидов приводило к массовой гибели рыбных сообществ.

Кроме описанных выше объектов, повышенные содержания Re установлены в горючих сланцах-кукерситах O_2 (0,8 г/т) на северо-западе Русской плиты, в углеродистых сланцах прибалтийского цехштейна Калининградской области (саснавская свита) (0,7-1 г/т), в верхнеюрских отложениях севера Русской плиты (Ярегский бассейн) и всего Тимано-Печорского бассейна, углях Восточного Донбасса. Материалов по металлоносности этих объектам пока немного, однако, наличие высоких концентраций Re в разновозрастных осадочных комплексах различных районов Европейской России позволяет положительно оценивать перспективы региона на выявление новых, специализированных на рений, объектов.

Выводы

В осадочном чехле Европейской России обнаружены комплексные специализированные на Re объекты. Проведенный анализ различных материалов позволяет обосновать новый подход к построению геолого-генетических моделей осадочных комплексов и уран-полиэлементных (с Re) аккумуляций в осадочном чехле, существенным элементом которого является наличие долгоживущих сквозных рудоносных систем глубокого заложения.

Для оценки рениеносности осадочного чехла Европейской России, необходимо проведение системные исследования в перспективных районах, ориентированных на изучение нетрадиционных источников Re. Помимо определения на современном аналитическом оборудовании содержания Re и сопутствующих элементов, должны выявляться минеральные формы его нахождения в осадочных толщах, что поможет разработке эффективных способов его попутного извлечения. При этом благоприятным фактором является неглубокое залегание металлоносных объектов, и размещение в районе с развитой инфраструктурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трач Г. Н. Ресурсный потенциал рения территории России / Г. Н. Трач, С. М. Бескин // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 6. – С. 26–33.
2. Халезов А. Б. К вопросу о расширении минерально-сырьевой базы рения в Российской Федерации / А. Б. Халезов // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 8. – С. 13–17.
3. Вялов В. И. Минералого-геохимические особенности рениевого оруденения в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна / В. И. Вялов [и др.] // Ленинградская школа литологии : материалы Всероссийского литологического совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Л. Б. Рухина. – СПб : СПбГУ. – 2012. – Т. II. – С. 8–9.
4. Михайлов В. А. Диктионемовые сланцы Прибалтийского бассейна – перспективный объект промышленного освоения на уран и другие полезные ископаемые / В. А. Михайлов, В. Я. Чернов, В. К. Кушнеренко // Мат. по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М. : ВИМС, 2006. – Вып. 149. – С. 92–98.
5. Поплавко Е. М. Особенности металлоносности горючих сланцев и некоторые предположения об их генезисе / Е. М. Поплавко [и др.] // Геохимия. – 1978. – № 5. – С. 1411–1418.
6. Вялов В. И. О металлоносности диктионемовых сланцев Прибалтийского бассейна / В. И. Вялов, Ю. Б. Миронов, И. А. Нженский // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2010. – № 5. – С. 19–23.
7. Халдна Ю. Л. Ртуть с диктионемовых сланцев Эстонской ССР / Ю. Л. Халдна [и др.] // Горючие сланцы. – 1986. – Т. 3, № 3. – С. 290–292.
8. Енгальчев С. Ю. Многоуровневые урановорудные районы европейской части России / С. Ю. Енгальчев // Региональная геология и металлогения. – 2012. – № 49. – С. 101–106.
9. Грушевой Г. В. Прогнозная оценка ураноносности чехла Русской платформы / Г. В. Грушевой, Н. С. Оношко, С. С. Наумов // Разведка и охрана недр. – 1996. – № 3. – С. 11–20.
10. Енгальчев С. Ю. Эпигенетические молибден-урановые новообразования в девонских отложениях запада Псковской области: состав, структурная позиция и условия формирования / С. Ю. Енгальчев // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 46. – С. 61–66.
11. Енгальчев С. Ю. Эпигенетические рений-уран-молибденовые концентрации в верхнедевонских отложениях на западе Псковской области / С. Ю. Енгальчев // Разведка и охрана недр. – 2012. – № 6. – С. 12–16.
12. Енгальчев С. Ю. Структурная позиция и геолого-генетическая модель формирования урановых объектов Южного Приильменя на северо-западе Русской плиты / С. Ю. Енгальчев // Региональная геология и металлогения. – 2012. – № 50. – С. 73–79.

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

14. *Енгальчев С. Ю.* Рений в уран-полиэлементных объектах осадочного чехла северо-запада Русской плиты / С. Ю. Енгальчев // Материалы по геологии место-

рождений урана, редких и редкоземельных металлов. – 2011. – Вып. 157. – С. 122–127.

15. *Столяров А. С.* Ергенинский ураново-редкометалльный район Калмыкии. Минеральное сырье / А. С. Столяров, Е. И. Ивлева. – М. : ВИМС, 2008. – 170 с.

16. *Шарков А. А.* Ураново-редкометалльные месторождения Мангышлака и Калмыкии, их генезис / А. А. Шарков. – М. : Эслан, 2008. – 220 с.

ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург

С. Ю. Енгальчев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

Тел. (812) 328-91-56

sleng2005@mail.ru

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). Saint Petersburg

S. Yu. Engalychev, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, senior scientific worker

Tel. (812) 328-91-56

sleng2005@mail.ru