

# УГОЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ И РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОДЕРЖАЩИХСЯ В НИХ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

В.И. Вялов<sup>1,2</sup>, А.Х. Богомолов<sup>1</sup>, Е.П. Шишов<sup>2</sup>, А.А. Чернышев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены результаты исследований промышленной металлоносности и оценки прогнозных ресурсов редких и ценных других металлов в угольных месторождениях Дальнего Востока. Выделены геохимические ассоциации металлов и особенности их концентрации в углях. Получен суммарный прирост прогнозных ресурсов Ge в углях изученных месторождений Приморья – более 2,7 тыс. т. Оценен ресурсный потенциал ценных металлов по категориям прогнозных ресурсов P<sub>3</sub> и P<sub>2</sub> по изученным угольным объектам Хабаровского и Камчатского краев, Еврейской АО, Магаданской, Сахалинской областей. Для них общее количество прогнозных ресурсов редких металлов по категории P<sub>2</sub> составляет: Sc – 11,98 тыс. т, Ga – 10,94 тыс. т, Ge – 7,18 тыс. т, Rb<sub>2</sub>O – 40 тыс. т, SrO – 137 тыс. т, Cs<sub>2</sub>O – 3,6 тыс. т, ZrO<sub>2</sub> – 36,3 тыс. т, TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 212,8 тыс. т; по категории P<sub>3</sub>: Sc – 14,4 тыс. т, Ga – 16,4 тыс. т, Ge – 9,8 тыс. т, Rb<sub>2</sub>O – 46,3 тыс. т, SrO – 125,7 тыс. т, Cs<sub>2</sub>O – 9,16 тыс. т, ZrO<sub>2</sub> – 135,6 тыс. т, TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 266,18 тыс. т. Количество металлов платиновой группы по категории P<sub>2</sub> составляет 15,1 т, а по категории P<sub>3</sub> – 24,4 т. Построена металлогеническая карта угольных месторождений Дальнего Востока России. Редкометалльно-угольные месторождения восточных регионов России образуют нетрадиционную минерально-сырьевую базу редких металлов.

**Ключевые слова:** угольные месторождения, редкие, ценные металлы, качество углей, геохимические ассоциации металлов, запасы, прогнозные ресурсы, карта металлоносности углей, минерально-сырьевая база

**DOI:** <http://doi.org/10.18599/grs.19.25>

**Для цитирования:** Вялов В.И., Богомолов А.Х., Шишов Е.П., Чернышев А.А. Угольные месторождения Дальнего Востока России и ресурсный потенциал содержащихся в них ценных металлов. *Георесурсы*. 2017. Спецвыпуск. Ч. 2. С. 256-262. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.25>

Ископаемые угли являются не только энергетическим, разнообразным технологическим сырьем (вплоть до производства синтетического жидкого топлива), но и вместилищем многих ценных (редких, редкоземельных, благородных, цветных и даже радиоактивных) металлов. Некоторые угольные месторождения являются источником германия, но в целом металлоносный потенциал углей остается нераскрытым, их многочисленные микроэлементы (элементы-примеси) обычно рассматриваются лишь в качестве токсичных.

Во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте и Московском государственном университете с 2006 г. проводятся исследования по металлоносности углей. **Идея исследований – в углях скрыто комплексное, на ряд ценных металлов, промышленное оруденение.** В данной работе представлены результаты изучения металлоносности угольных месторождений восточных территорий России.

Благодаря применению современных высокоточных аналитических приборов и методов (масс-спектрометрия и др.), новаторских методик пробоподготовки для анализа, действительно было установлено промышленное редкометалльное оруденение, вначале в углях Приморья (Вялов и др., 2010; 2012). Оказалось, что не только германий, но и целый ряд ценных металлов в углях (и соответственно в продуктах их сжигания) часто находится на уровне промышленных концентраций в известных типах руд (Вялов и др., 2012) и даже иногда их превышает. Наличие редкометалльной минерализации, как правило, отмечено в тонких угольных пластах, прилегающих к сводовым

поднятиям выветрелого гранитного фундамента. Это важнейшая локально-региональная закономерность и надежный поисковый критерий на промышленное оруденение Ge, Be, Sc, Mo, W в углях. Установлено преимущественное нахождение Ge и сопутствующих ему редких элементов в органическом веществе (ОВ) углей, а изменение в разных типах витринитового ОВ представлено в табл. 1.

Характер распределения германия и др. металлов в ОВ углей изучался по данным лазерного микроанализа поверхности шлифа углей (Рис. 1).

Степень разложения ОВ Δ-витринита выше, чем аттрито-витринита, и вследствие этого в Δ-витрините большее количество гуминовых и фульвокислот. Поэтому концентрация германия, молибдена, вольфрама, сурьмы в Δ-витрините максимальна.

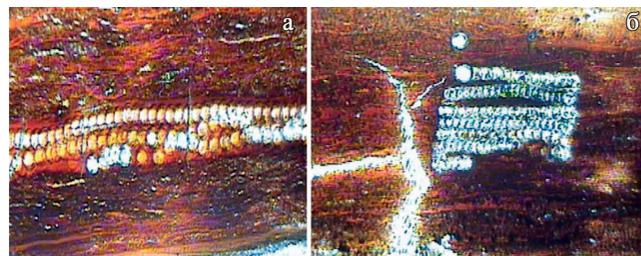


Рис. 1. Точки микрозондирования в Δ-витрините (а), и в аттрито-витрините (б)

Мацерал угля \ элемент	Ge	Be	Sc	Mo	Sb	W	Ag	In
Δ-витринит	6703	120,6	8,44	81,4	1235,5	561	1,59	4,13
Аттрито-витринит	4087	170,1	9,27	55,5	758	388	3,01	3,13

Табл. 1. Результаты микроанализа на поверхности анилиф-штуфов углей пласта III, «Снеугли», Павловское месторождение (z/m) (Вялов и др., 2012)

Авторами также изучались Лианское, Хурмулинское (участок Хурмулинский); Мухенское месторождение (Хабаровский край), Ерковецкое месторождение (участки Западный, Восточный) Амурской области; Ушумунское (Еврейская АО), Новиковское месторождение (участок Восточный, резервный участок Новиковского разреза) Сахалинской области; Ланковское, Вилигинское (Эликчано-Купкинская площадь), Эльгенское (участки нераспределенного фонда недр) месторождения Магаданской области; Корфское (участки нераспределенного фонда недр), Эчваямское (участок Лосинный) – месторождения Камчатского края.

**Привязка и характеристика угленосности, качества, запасов, прогнозных ресурсов углей изученных объектов** по (Угольная база ..., 1997), с дополнениями.

**Хурмулинское месторождение** расположено в 50 км к северо-западу от г. Комсомольска-на-Амуре, возраст угленосных отложений  $P_3-N_1$ , их мощность 270 м, мощность рабочих пластов 1,0-13,5 м, общее количество пластов угля 16, из них 8 рабочих,  $W_t^r = 40,2-46,8\%$ ,  $A^d = 20,0-37,7\%$  (средняя 23),  $S_t^d = 0,6\%$ ,  $Q_t^r = 11,6$  МДж/кг. Марка Б, группа 1Б-2Б. Разрез Хурмулинский: запасы категории В – 14,889,  $C_1$  – 18,349,  $C_2$  – 2,612 млн т. Забалансовые запасы – 24,754 млн т.

**Лианское месторождение** – в 36 км к СЗ от г. Комсомольска-на-Амуре.  $P_3-N_1$ . Мощность угленосной толщи 215 м. Мощность рабочих пластов 1,74-9,65 м. Всего 22 пласта, из них рабочих 14.  $W_t^r = 34,2-45,6\%$ .  $A^d = 20,0-37,7/25\%$ .  $Q_t^r = 19,2$  МДж/кг. Угли марки Б, 1Б-2Б. Запасы  $A+B+C_1$  – 266,909 млн т, из них: В – 106,924,  $C_1$  – 159,985 млн т.

**Мухенское месторождение** – в верховьях р. Мухенки и бассейна Амура в 80 км к СВ от г. Хабаровска. Возраст  $P_3-N_1$ . Мощность угленосной толщи 280 м. 1-7 м – мощности 4-х рабочих пластов. Всего 15 пластов. Показатели качества:  $W_t^r = 33-35\%$ ,  $A^d = 15-30$ ,  $S_t^d = 0,55$ ,  $V^{daf} = 50,9$ ,  $C^{daf} = 67,8$ ,  $H^{daf} = 5,3\%$ .  $Q_t^r = 12,0-14,0$  МДж/кг. Угли бурые, группы 2Б. Ресурсы  $P_1+P_2$  256 млн т до глубины 300 м.  $P_1$  – 16 млн т для открытой отработки.

**Ерковецкое месторождение** – в 50-60 км к СВ от г. Благовещенска и в 30-45 км к западу от ст. Екатеринославка. Мощность угленосных отложений 285 м. Возраст  $P_{1-3}-N_1$ . Мощность 1-2-х рабочих пластов угля 5-9 м, всего 7 пластов. Качество углей Западного участка:  $W_t^r = 35,6-36,4$  (по 5-ти пластам), 52 % – 1 пласт.  $A^d = 14,2-28,4$ ,  $S_t^d = 0,28-0,55$ ,  $V^{daf} = 43,9-61,5$ ,  $C^{daf} = 66,8-70,5$ ,  $H^{daf} = 4,3-6,0\%$ .  $Q_t^r = 8,23-13,4$  МДж/кг. Угли группы 2Б. Запасы  $A+B+C_1$  – 1054,839 млн т,  $C_2$  – 14,052 млн т – для открытой разработки. Забалансовые запасы 144,542 млн т (на Западном участке).

**Ушумунское месторождение** – в 20 км южнее г. Биробиджана. Возраст  $P_{2-3}$  чг –  $N_1$  цш. Угленосная толща более 450 м. Суммарная мощность рабочих пластов до 15 м. 6 групп пластов, 5 – рабочей мощности. Качество углей:  $W_t^r = 30-35$ ,  $A^d = 12-32$ ,  $S_t^d = 0,4$ ,  $V^{daf} = 57,3$ ,  $C^{daf} = 67,5$ ,  $H^{daf} = 5,9-6,5$ ,  $Q_t^r = 12,2-14,8$  МДж/кг, 2Б.  $A+B+C_1$  3,095,  $C_2$  – 49,884 млн т для открытых работ;  $P_1+P_2$  1000 млн т.

**Новиковское месторождение** – в 10 км от пос. Новиково. Возраст  $N_1$  vd<sub>1</sub>. Мощность толщи 340 м. Новиковский (уч. Восточный II) – в междуречье Чародейка-Николаевка. Суммарные мощности 2-х

пластов – до 4,97-5,36-7,29 м и более. Качество углей:  $W_t^r = 24,0$ ,  $A^d = 16-32$ ,  $S_t^d = 0,7\%$ ,  $Q_t^r = 17,0$  МДж/кг. Угли технологической группы 3Б. Запасы: Восточный участок:  $A+B+C_1$  – 0,49 млн т, Резервный участок Новиковского разреза (на уч. Восточный-1):  $A+B+C_1$  – 4,307 млн т.

**Ланковское месторождение. Участок Ланковский I – в 70 км северо-восточнее г. Магадана.** Возраст  $N_{1-2}$  ml. Мощность угленосных отложений 180-300 м. Суммарная мощность 6 пластов 1-16 м. Содержание летучих веществ – 58-61%, серы общей – до 0,3%. Максимальная влагоемкость 42-56%. Высшая теплота сгорания углей 25 МДж/кг, рабочего топлива 10-12. Содержание гуминовых кислот 17-75%. Марка Б. Запасы  $A+B+C_1+C_2$  965,14 млн т.

**Эльгенское месторождение** – расположено между рек Эльген и Буюнда, впадающих в р. Колыму. Возраст  $N_1$  el. Мощность толщи пород 100-200 м. Мощность угольных пластов 0,21-20 м. 30 пластов угля, 11 – рабочей мощности. Качество углей:  $W_t^r = 43\%$ ;  $A^d = 35\%$ ,  $V^{daf} = 58\%$ ; Угли марки Б, 1Б, 1БВ. Балансовые запасы  $A+B+C_1+C_2$  – 74,999 млн т. Забалансовые запасы 24,591 млн т.

**Вилигинское месторождение** – в верховьях р. Вилиги. Возраст  $N_1$ . Мощность пород менее 100 м. Мощность пласта 3-9 м. Угли среднезольные (15 % в среднем, от 7 до 40 %), низкозернистые (0,8%, от 0,2 до 1,5 %) с влажностью рабочего топлива в среднем 40%. Б, 1Б-2Б. Запасы по  $C_2$  – 50 млн т.

**Корфское месторождение** – на западном побережье залива Корфа, между реками Вывенкой и Авьяваем в 5-25 км юго-западнее пос. Корф и в 35 км юго-западнее пос. Тиличики. Возраст  $N_1$  кг. 890 м мощность угленосной толщи. Суммарная мощность пластов угля 40 м, 14 м – рабочих пластов (1-4). Качество углей:  $W^{af} = 18,5-35,9\%$  (среднее 24,7);  $A^d = 8,2-45\%$  (среднее 29,0);  $V^{daf} = 42,1-62,7\%$  (среднее 52,4);  $S_t^d = 0,11-1,8\%$  (среднее 0,51);  $T_{sk}^{daf} = 4,57-9,43$  (среднее 8,27);  $R_0 = 0,42-0,51$ ;  $Q_s^{daf} = 23,55-37,8$  (среднее 27,75);  $Q_s^{af} = 18,65-21,7$  (среднее 19,96) МДж/кг; Угли марки Б, группы 3Б, подгруппы 3БВ. Запасы  $A+B+C_1$  – 10,645 млн т. Забалансовые 74,295 млн т. Ресурсы  $P_1$  – 15,0 млн т.  $P_2+P_3$  – 450,0 млн т.

**Эчваямское месторождение. Участок Лосинный** – находится на левобережье р. Эчваям в Олюторском районе Камчатского края (районный центр Пахачи). Возраст  $N_{1md}$ . Угленосная толща 190 м. Пластов угля 15, рабочих – 6, суммарная мощность пластов 0,7-10 м.  $W_{max}^{af} = 32,9\%$ ;  $T_{sk}^{daf}$ , 5,7%;  $Q_s^{af} < 24$ , МДж/кг. Марка Б, группа 2Б. Запасы по  $C_1$  – 1,689 млн т. Ресурсы  $P_1$  – 1,541 млн т.

Угольные месторождения и (или) участки находятся в нераспределенном фонде недр, подготовлены или доступны для эксплуатации открытым способом.

На основании проведенных анализов (масс-спектрометрия и др.) более 700 отобранных на объектах угольных проб было установлено, что угли этих месторождений обладают промышленными концентрациями Ge, Ga, Be, Sc, W, Sb, редкоземельных металлов – обозначаемых как РЗМ или TR (если в окисной форме –  $TR_2O_3$ ), и даже металлов платиновой группы (обозначаемых МПГ или PGM), и др. металлов (Табл. 2, жирным шрифтом выделены промышленные содержания).

Наибольшее значение имеют компоненты, для которых существуют технологии извлечения из золы углей (Ge, Y(TR), Sc, Ga, V, Sb, Au) и те, для которых такие

Месторождение	Содержание металлов в угле и золе, ppm													
	Ge в угле	TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в золе	Sc в угле	Ga в угле	МПГ в угле	Rb <sub>2</sub> O в золе	Cs <sub>2</sub> O в золе	SrO в золе	Sb в угле	ZrO <sub>2</sub> в золе	BeO в золе	Cu в угле	WO <sub>3</sub> в золе	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в золе
Ерковецкое Зап.	2,5	3459,4	5,2	9,6	-	60,9	4,7	1285,5	2,2	536,8	102,9	7,2	10,8	273,2
Ерковецкое Вост.	-	1581,9	4,1	3,7	-	28,6	3,8	1845,8	-	298,5	92,0	11,6	2,3	411,5
Лианское	3,4	722,9	5,2	5,3	0,053	104,3	14,5	2786,6	2,9	210,5	31,6	1,3	75,6	414,0
Хурмулинское	5,6	1559,6	7,8	18,6	0,034	140,9	15,3	732,4	2,2	212,1	38,1	19,3	11,0	346,1
Мухенское	0,6	316,6	7,0	10,7	-	140,1	15,4	781,2	-	294,3	14,0	16,0	7,6	445,9
Ушумунское	5,7	498,9	9,6	16,5	-	123,4	26,4	420,1	3,3	434,4	17,8	14,0	75,6	280,3
Ланковское	1,1	691,0	5,4	6,5	-	54,3	-	593,5	0,7	321,3	35,8	24,1	8,8	358,0
Эльгенское	10	422,9	14,2	13,7	0,04	140,0	10,0	573,4	2,4	395,6	14,0	42,0	8,8	467,0
Вилигинское	12,0	498,5	11,9	4,9	0,036	-	11,7	1549,2	1,0	321,3	13,7	25,5	63	687,2
Новиковское Рез.	2,0	-	2,8	-	-	98,3	13,5	1676,9	0,9	221,4	12,0	-	32,8	281,2
Новиковское Вост.	2,1	444,3	5,9	6,5	-	143,4	22,1	-	2,2	284,9	-	10,0	-	-
Корфское	70	533,6	6,5	-	0,015	18,5	-	1110,9	0,4	390,5	10,0	22,8	4,0	504,2
Эчваямское	12,5	573,0	28,8	11,2	0,023	16	-	193,5	0,3	136,4	17,0	111,1	79,4	1347,9
Павловское (Спецугли)	3936 в золе	417 (ΣTR)	18 в золе	35 в золе	-	64 в золе (Rb)	21 в золе (Cs)	445 в золе (Sr)	1490 в золе	160 в золе (Zr)	170 в золе (Be)	73 в золе (Cu)	1338 в золе (W)	104 в золе (V)

Табл. 2. Средние содержания некоторых металлов и оксидов в углях Дальнего Востока, г/т

технологии могут быть разработаны в перспективе – Cs, Rb, Sr, Zr, Be, W, Pd.

**Геохимические ассоциации металлов в углях.** На основе корреляционного и кластерного анализов содержания металлов в углях ушумунской свиты Ушумунского месторождения, выделены их следующие ассоциации (критическое значение коэффициента корреляции (N=51 проба) при уровне значимости 0,05 составляет 0,276:

1) A<sup>d</sup>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Li, Sc, Ga, Ni, Ag – ассоциация этих компонентов, по-видимому, отражает терригенный привнос металлов в угли и их связь с глинистым веществом, сорбцию на глинах;

2) CaO, MgO, Mo, MnO, Na<sub>2</sub>O, Be, Y, Sr, TR, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – эта ассоциация, вероятно, связана с фосфатами,

карбонатами и цеолитами, сингенетической и, возможно, эпигенетической минерализацией. Щелочные условия, возможное влияние моря на прирусловые-дельтовые торфяники;

3) ассоциацию Cs, Sb, Cu, Ge, W объединяет общая форма нахождения этих элементов в ОБ углей. Отрицательная связь с зольностью. Происходило взаимодействие металлов с гуминовыми и фульвокислотами торфа;

4) ассоциация Nb, Ta, V, Zr, вероятно, отражает процессы выщелачивания и переотложения этих металлов из вулканогенных пород области сноса;

5) не вошедшие в другие ассоциации Rb и K<sub>2</sub>O имеют сильную корреляционную связь (0,9), и отражают присутствие гидрослюд в терригенной золе.

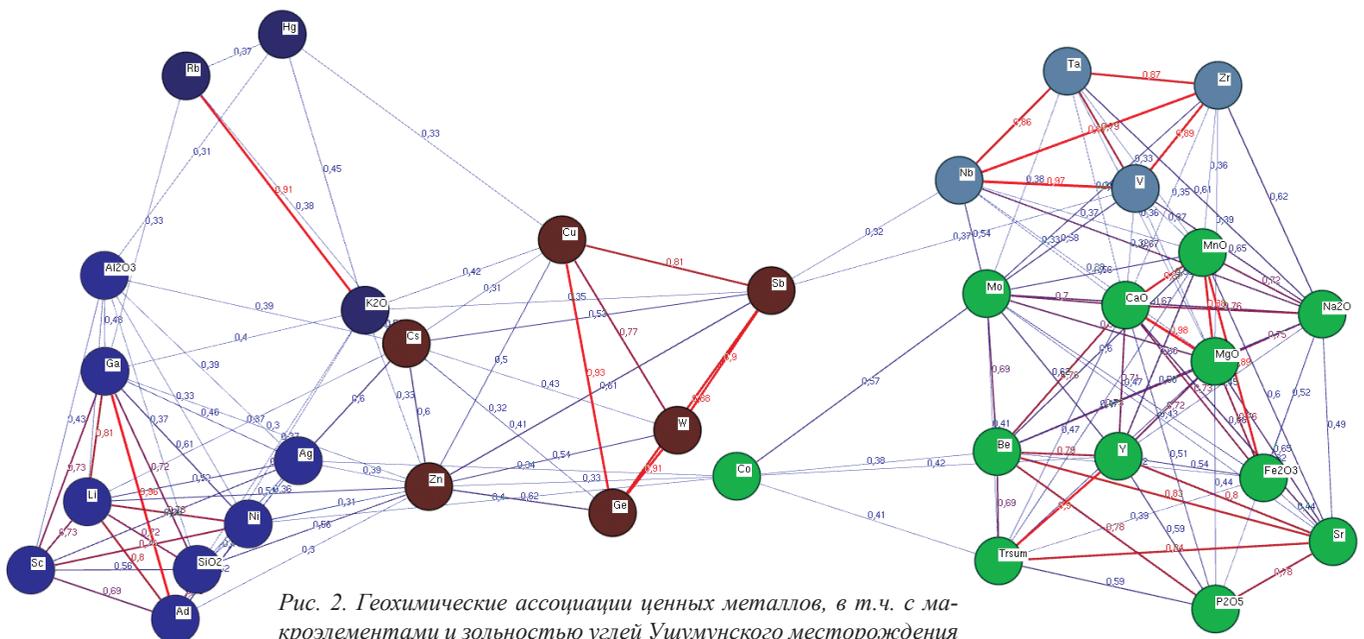


Рис. 2. Геохимические ассоциации ценных металлов, в т.ч. с макроэлементами и зольностью углей Ушумунского месторождения

Графически геохимические ассоциации металлов, в т.ч. с макроэлементами, приведены на рис. 2 (показаны разным цветом).

Ценные металлы фиксируются и в минеральной форме. Так, на рис. 3 представлены электронные снимки с данными микроанализа средней по плотности (1,4-1,6 г/см<sup>3</sup>) фракции угля Эльгенского месторождения, где было установлено платиносодержащее металлическое включение. На рис. 4 представлены снимки монацита в тяжелой фракции угля (больше 1,6 г/см<sup>3</sup>) Ланковского месторождения.

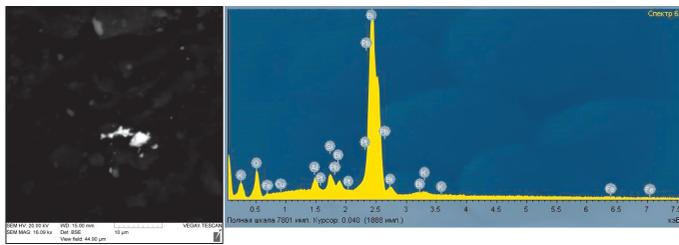


Рис. 3. Платиносодержащее включение в пробе угля Эльгенского месторождения

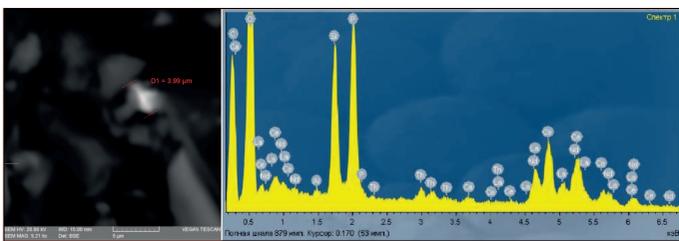


Рис. 4. Монацит (с РЗМ) в пробе угля Ланковского месторождения

**Оценка прогнозных ресурсов ценных металлов в углях.** Оценен редкометалльный ресурсный потенциал по категориям прогнозных ресурсов P<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>, по 12 изученным угольным объектам. Общее количество прогнозных ресурсов редких металлов по категории P<sub>2</sub> составляет: Sc – 11,98 тыс. т, Ga – 10,94 тыс. т, Ge – 7,18 тыс. т, Rb<sub>2</sub>O – 40 тыс. т, SrO – 137 тыс. т, Cs<sub>2</sub>O – 3,6 тыс. т, ZrO<sub>2</sub> – 36,3 тыс. т, РЗМ – TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 212,8 тыс. т. По категории P<sub>3</sub>: Sc – 14,4 тыс. т, Ga – 16,4 тыс. т, Ge – 9,8 тыс. т, Rb<sub>2</sub>O – 46,3 тыс. т, SrO – 125,7 тыс. т, Cs<sub>2</sub>O – 9,16 тыс. т, ZrO<sub>2</sub> – 135,6 тыс. т, TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 266,18 тыс. т. Количество МПГ составляет, по категории P<sub>2</sub> 15,1 т, а по категории P<sub>3</sub> – 24,4 т.

Следует особо отметить, что в концентрациях МПГ преобладает Pd (Рис. 5).

На рис. 6, для примера, показано соотношение прогнозных ресурсов РЗМ в углях на изученных месторождениях с балансовыми запасами угляй.

Произведенная **геолого-экономическая оценка** изученных угольных месторождений Дальнего Востока, с учетом их редкометалльного потенциала показала возможность их рентабельной разработки (Неженский и др., 2013; 2014).

Некоторые из них можно рассматривать даже в качестве рудных объектов (Рис. 7-8).

**Карта металлоносности угольных месторождений и бассейнов Дальневосточного ФО России на минералогической основе.** Составлена металлогеническая ГИС-карта

с базой данных по металлоносности углей Дальнего Востока масштаба 1:2500000. Слой этой карты представлен на рис. 9, красным выделены характерные для месторождений металлы, концентрации которых достигают уровня минимально-промышленных (и выше) в известных типах руд.

Таким образом, угольные месторождения Дальнего Востока следует рассматривать как комплексные месторождения нового типа – редкометалльно-угольные, не только как сырьевые источники угля или германия.

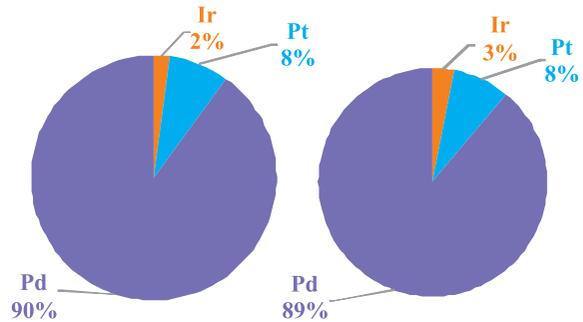


Рис. 5. Структура МПГ в углях (Корфское, Эльгенское и др. месторождения), а – Соотношение содержания металлов платиновой группы в углях Эльгенского месторождения, б – Соотношение содержания металлов платиновой группы в углях Корфского месторождения

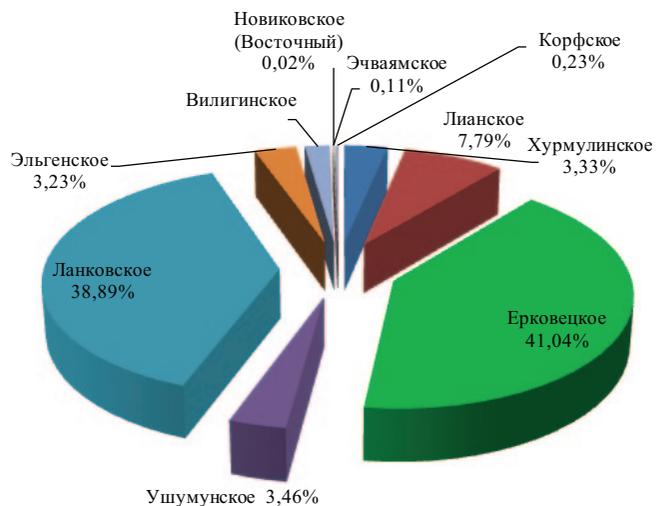


Рис. 6. Соотношение прогнозных ресурсов РЗМ на изученных месторождениях с балансовыми запасами угляй

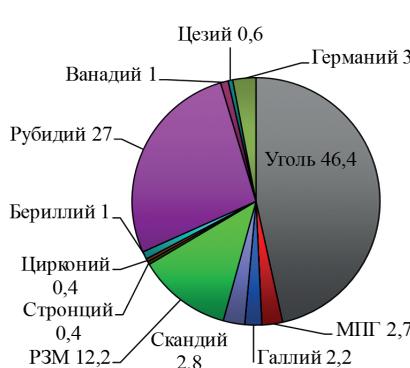


Рис. 7. Структура потенциальной стоимости запасов угля и прогнозных ресурсов сопутствующих металлов (%) Ланковского месторождения

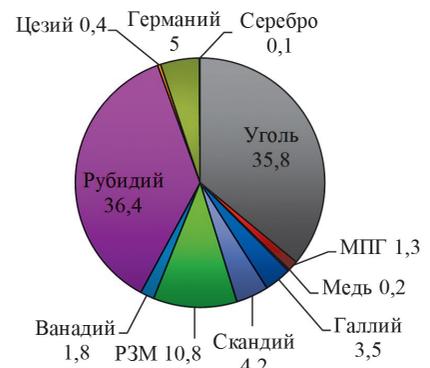


Рис. 8. Структура потенциальной стоимости запасов угля и прогнозных ресурсов сопутствующих металлов (%) Эльгенского месторождения

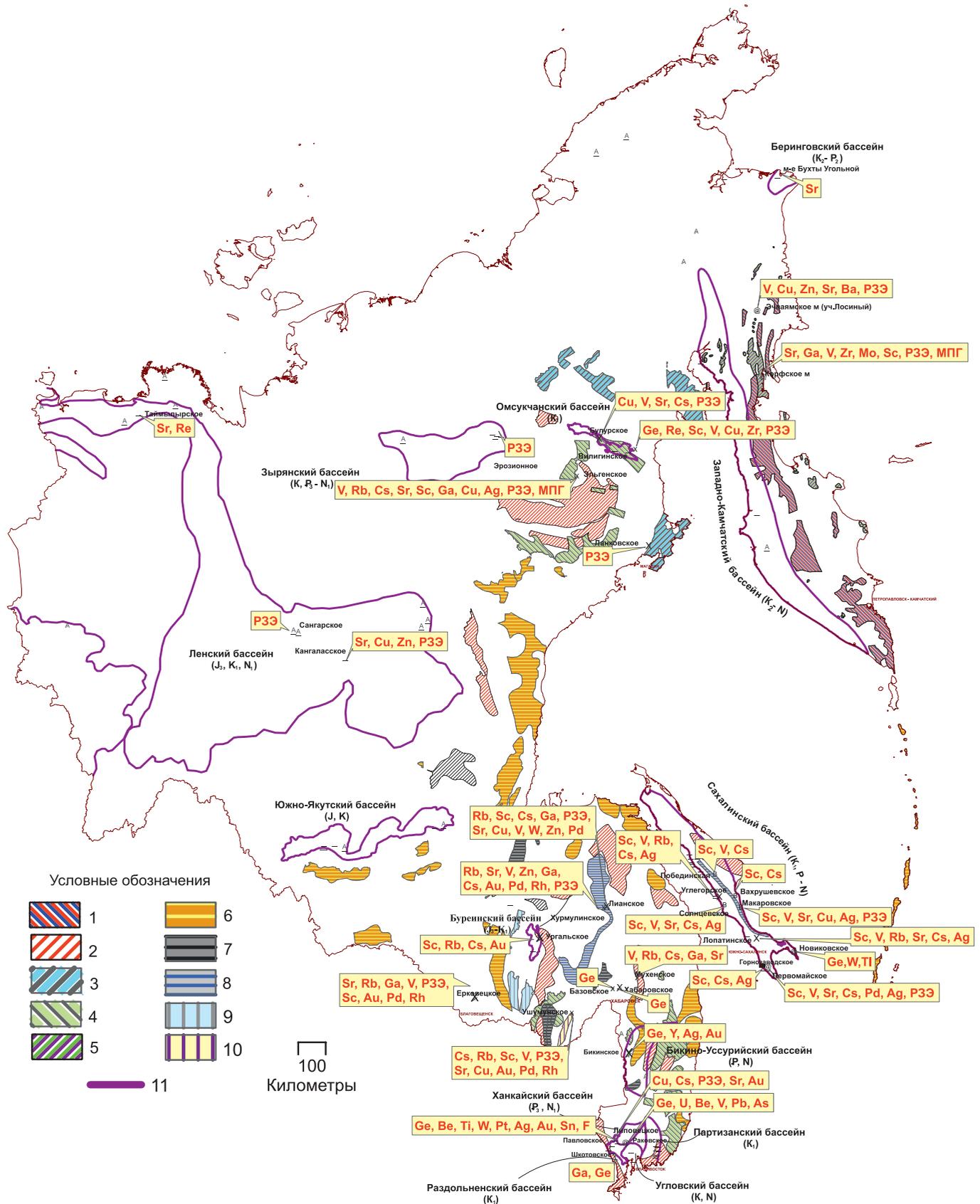


Рис. 9. Карта металлоносности угольных месторождений и бассейнов Дальневосточного ФО России на минерагенической основе. Профильный тип оруденения минерагенических таксонов: 1 – золото-серебряное эпitherмальное оруденение с полиметаллической минерализацией; 2 – существенно золотое оруденение: золото-кварцевое, золото-сульфидное, золото-сурьмяное, золото-вольфрамовое; 3 – медно-порфировое оруденение с золото-серебряной минерализацией; 4 – оловянное, вольфрамовое, олово-серебро-полиметаллическое оруденение жильного, скарнового, грейзенового типов; 5 – связанное с базит-ультрабазитовыми комплексами: хромитовое, платиновое, медно-никелевое оруденение; 6 – золото-серебряное эпitherмальное оруденение; 7 – марганцевое, железо-марганцевое, фосфор-железо-марганцевое осадочное оруденение; 8 – ртутное и сурьмяно-ртутное оруденение; 9 – существенно молибденовое (в том числе с Cu и Au) жильного, грейзенового, порфирового типов; 10 – редкометалльное, апатит-редкометалльное и редкоземельное оруденение карбонатитового и грейзенового типов. Границы: 11 – угольных бассейнов

Учет содержащихся в углях ценных металлов позволяет более полно оценить реальную стоимость угольных месторождений, их рентабельность и инвестиционную привлекательность, и способствует укреплению МСБ металлургической и других отраслей промышленности. Учет и организация попутного извлечения ряда редких и других ценных металлов из углей позволит существенно повысить экономическую эффективность разработки угольных месторождений.

Значительные прогнозные ресурсы РЗМ, Sc, V, Ga, Rb, Cs, Sr, металлов платиновой группы изученных угольных месторождений свидетельствуют о наличии новой нетрадиционной минерально-сырьевой базы редких, благородных и цветных металлов в бурогольных объектах Дальневосточного ФО России.

В целях воспроизводства МСБ редких и других металлов, необходимо продолжить проведение комплексных исследований угольных бассейнов и месторождений ДВ ФО и остальной России, необходимы государственный учет металлоносного ресурсного потенциала углей, а также разработка промышленных технологий извлечения ряда других, кроме германия, редких металлов из углей и их зол.

При бурно развивающихся современных технологиях, можно прогнозировать появление доходных производств по извлечению редких металлов на базе конкретных месторождений Дальневосточного ФО.

### Литература

Вялов В.И., Кузеванова Е.В., Нелюбов П.А., Змиевский Ю.П., Ключарев Д.С. Редкометалльно-угольные месторождения Приморья. Разведка и охрана недр. 2010. № 12. С. 53- 57.

Вялов В.И., Кузеванова Е.Г., Ларичев А.И., Богомолов А.Х., Гамов М.И. Редкие металлы в бурогольных месторождениях Приморья и их ресурсный потенциал. Региональная геология и металлогения. 2012. № 51. С. 96-105.

Неженский И.А., Вялов В.И., Мирхалева Н.В., Чернышев А.А. Геолого-экономическая оценка редкометалльно-угольных месторождений – перспективного геолого-промышленного типа. Региональная геология и металлогения. 2013. № 54. С. 99-108.

Неженский И.А., Вялов В.И., Мирхалева Н.В., Шишов Е.П. Экономические показатели возможных вариантов разработки редкометалльно-угольных месторождений нераспределенного фонда недр Дальнего Востока. Региональная геология и металлогения. 2014. № 57. С. 95-101.

Угольная база России. Том V. Книга 1. М: ЗАО «Геоинформмарк». 1997. 371 с.

### Сведения об авторах

Владимир Ильич Вялов – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, профессор Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ФГБУ «ВСЕГЕИ») Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1  
e-mail: Vladimir\_Vyalov@vsegei.ru

Александр Христофорович Богомолов – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Евгений Павлович Шишов – старший научный сотрудник отдела геологии горючих полезных ископаемых Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

Тел: +7(812)328 90 62, e-mail: Evgeny\_Shishov@vsegei.ru

Артём Артурович Чернышев – научный сотрудник отдела геологии горючих полезных ископаемых

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

Тел: +7(812)328 90 62  
e-mail: Artem\_Chernyshev@vsegei.ru

Статья поступила в редакцию 23.03.2017;

Принята к публикации 17.04.2017; Опубликована 20.05.2017

## Coal deposits of the Far East Russia and resource potential of precious metals contained in them

V.I. Vyalov<sup>1,2</sup>, A.Kh. Bogomolov<sup>1</sup>, E.P. Shishov<sup>2</sup>, A.A. Chernyshev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

**Abstract.** The results of metal-bearing industrial research and evaluation of predicted resources of rare and other valuable metals in coal deposits of the Far East are given. Geochemical association of metals and peculiarities of their concentration in the coals are shown. The total increase in the predicted resources of Ge in the coals of the studied fields of Primorye is estimated at more than 2.7 thousand tons. The resource potential of valuable metals was also estimated according to the categories of predicted resources P<sub>3</sub> and ПИ, from the studied coal objects of the Khabarovsk and Kamchatka Territories, the Jewish Autonomous Region, the Magadan and Sakhalin Regions. For them, the total number of predicted resources of rare metals in the P<sub>2</sub> category is: Sc – 11.98 thousand tons,

Ga – 10.94 thousand tons, Ge – 7.18 thousand tons, Rb<sub>2</sub>O – 40 thousand tons, SrO – 137 thousand tons, Cs<sub>2</sub>O – 3.6 thousand tons, ZrO<sub>2</sub> – 36.3 thousand tons, TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 212.8 thousand tons. According to the category P<sub>3</sub>: Sc – 14.4 thousand tons, Ga – 16.4 thousand tons, Ge – 9.8 thousand tons, Rb<sub>2</sub>O – 46,3 thousand tons, SrO – 125,7 thousand tons, Cs<sub>2</sub>O – 9,16 thousand tons, ZrO<sub>2</sub> – 135.6 thousand tons, TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 266.18 thousand tons. The amount of platinum group metals is 15.1 tons in P<sub>2</sub> category, and 24.4 tons in P<sub>3</sub> category. A metallogenic map of coal deposits in the Far East of Russia is constructed. Rare-metal-coal fields in the eastern regions of Russia form an unconventional mineral and raw materials base for rare metals.

**Keywords:** coal deposits, rare, precious metals, quality of coals, geochemical associations of metals, reserves, resources, a coal map with metals, a mineral-raw base

**For citation:** Vyalov V.I., Bogomolov A.Kh., Shishov E.P., Chernyshev A.A. Coal deposits of the Far East Russia and resource potential of precious metals contained in them. *Georesursy = Georesources*. 2017. Special issue. Part 2. Pp. 256-262. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.25>

### References

Nezhenskii I.A., Vyalov V.I., Mirkhalevskaya N.V., Chernyshev A.A. Geological-economic evaluation of rare metal-coal deposits – a promising geological commercial type. *Regional'naya geologiya i metallogeniya = Regional geology and metallogeny*. 2013. No. 54. Pp. 99-108. (In Russ.)

Nezhenskii I.A., Vyalov V.I., Mirkhalevskaya N.M., Shishov E.P. Economic indicators of possible variances of development of rare metal-coal deposits of unlicensed fund of Far East. *Regional'naya geologiya i metallogeniya = Regional geology and metallogeny*. 2014. No. 57. Pp. 95-101. (In Russ.)

Vyalov V.I., Kuzevanova E.V., Nelyubov P.A., Zmieviskii Yu.P., Klyucharev D.S. Rare-metal-coal deposits of Primorye. *Razvedka i okhrana nedr = Exploration and protection of mineral resources*. 2010. No. 12. Pp. 53- 57. (In Russ.)

Vyalov V.I., Kuzevanova E.G., Larichev A.I., Bogomolov A.Kh., Gamov M.I. Rare metals in brown coal deposits of Primorye and their resource potential. *Regional'naya geologiya i metallogeniya = Regional geology and metallogeny*. 2012. No. 51. Pp. 96-105. (In Russ.)

Ugol'naya baza Rossii [Coal base of Russia]. Vol. V. Book 1. Moscow: ZAO «Geoinformmark». 1997. 371 p. (In Russ.)

### About the Authors

*Vladimir I. Vyalov* – DSc in Geology and Mineralogy, Chief Researcher, Professor

Karpinsky Russian Geological Research Institute  
Lomonosov Moscow State University  
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1  
e-mail: [Vladimir\\_Vyalov@vsegei.ru](mailto:Vladimir_Vyalov@vsegei.ru)

*Aleksandr Kh. Bogomolov* – PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor

Lomonosov Moscow State University  
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

*Evgeny P. Shishov* – Senior Researcher  
Karpinsky Russian Geological Research Institute  
Phone: +7(812)328 90 62  
e-mail: [Evgeny\\_Shishov@vsegei.ru](mailto:Evgeny_Shishov@vsegei.ru)

*Artem A. Chernyshev* – Researcher  
Karpinsky Russian Geological Research Institute  
Phone: +7(812)328 90 62  
e-mail: [Artem\\_Chernyshev@vsegei.ru](mailto:Artem_Chernyshev@vsegei.ru)

*Manuscript received 23 March 2017;*

*Accepted 17 April 2017;*

*Published 20 May 2017*