

И. А. НЕЖЕНСКИЙ, В. И. ВЯЛОВ, Н. В. МИРХАЛЕВСКАЯ, Е. П. ШИШОВ (ВСЕГЕИ)

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗРАБОТКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРАСПРЕДЕЛЕННОГО ФОНДА НЕДР ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Рассмотрены три возможных варианта разработки редкометалльно-угольных месторождений нераспределенного фонда недр Дальнего Востока: только на уголь; на уголь и редкие металлы; на редкие металлы. Показано, что учет содержащихся в бурогольных месторождениях Дальнего Востока редких металлов безусловно повышает шансы их перевода из нераспределенного фонда недр в распределенный. Эффективность освоения каждого месторождения по совокупности экономических показателей оценена в баллах. По сумме баллов образуется ряд месторождений по предпочтительности освоения.

Ключевые слова: геолого-экономическая оценка, редкометалльно-угольные месторождения, редкие металлы, уголь, Дальний Восток.

Three possible options of development of rare metal-coal deposits of unlicensed fund of the Far East are considered: only coal, coal and rare metal-coal, rare metal. It is shown that the account containing in coal deposits of the Far East of rare metals certainly increases chances of their transfer from unlicensed fund in the licensed. Efficiency of development of each deposit on sum of economic indicators is estimated in balls. On a sum of balls formed a row of deposits on preference of their development.

Keywords: geological commercial evaluation, rare metal-coal deposits, rare metal, coal, Far East.

Методика геолого-экономической оценки редкометалльно-угольных месторождений, а также результаты ее применения на Ерковецком (Амурская область) и некоторых других месторождениях были изложены авторами в статье, помещенной в журнале «Региональная геология и металлогения», № 54, 2013. Мы подчеркивали, что «работы по оценке редкометалльно-угольных месторождений Дальнего Востока продолжаются, авторы намерены и впредь давать информацию об их результатах» (с. 108).

Наша цель – поиск возможностей повышения инвестиционной привлекательности редкометалльно-угольных месторождений Дальнего Востока, находящихся пока в нераспределенном фонде (НФ) недр. Круг месторождений и их отдельных участков расширен до 14, а варианты геолого-экономической оценки до трех. Рассмотрены месторождения НФ Амурской области (Ерковецкое, участки Западный и Восточный); Хабаровского края (Лианское; Хурмурулинское, уч. Хурмурулинский; Хабаровское; Базовское); Сахалинской области (Новиковское, участки Восточный и Резервный); Магаданской области (Эльгенское; Ланковское, участки 1 и остальные; Вилигинское); Камчатского края (Корфское, Эчваямское).

Проанализированы геолого-экономические показатели возможной разработки этих месторождений в трех вариантах: только на уголь (Уг); на уголь и редкие металлы (Уг+РМ); на редкие металлы (РМ).

По потенциальной стоимости 1 т угля с РМ различаются месторождения, в которых составляющая РМ равна или больше составляющей Уг, иногда существенно. Это Хурмурулинское, Эльгенское, Лианское, Новиковское (уч. Восточный), Ланковское, Ерковецкое месторождения. Но следует от-

метить, что подобная картина предопределяется значительной концентрацией в углях весьма дорогого рубидия, технология извлечения которого «продвинута» пока далеко не так, как например германия, а также высокой концентрацией редкоземельных металлов. В Корфском месторождении определяющая роль РМ обеспечивается германием и редкими землями. В таких месторождениях, как Хабаровское, Базовское, Вилигинское, Эчваямское, роль РМ не столь велика или пока недостаточно оценена.

В табл. 1 приведены основные экономические показатели освоения перечисленных месторождений по трем указанным вариантам. Во всех вариантах неизбежны затраты на добычу и сжигание угля (поскольку большинство РМ концентрируется в золе). Во втором и третьем вариантах необходимы также затраты на извлечение РМ. Доходы в первом варианте будут от реализации угля, во втором – угля и РМ, в третьем – только РМ. Изначально третий вариант представляется самым «невыгодным», поскольку в нем сосредоточены все затраты на добычу и сжигание содержащего редкие металлы угля, а доходы предполагаются лишь от реализации металлов. С учетом затрат прибыль только от извлечения РМ (по мере убывания) можно гарантировать на следующих месторождениях: Лианское, Хурмурулинское, Ерковецкое (участки Западный и Восточный), Эльгенское, Корфское, Новиковское (уч. Восточный).

Необходимые капитальные вложения (КВ) и производственные затраты (ПЗ) при разработке месторождений зависят, в частности, от планируемой производительности. При этом затратные и доходные показатели второго варианта (Уг+РМ) будут максимальными. Примем их за 100%. Тог-

**Экономические показатели разработки редкометалльно-угольных  
только на уголь – черный цвет; на уголь и редкие металлы –**

Номер показателя	Показатели	Амурская область		Хабаровский край		
		Ерковецкое, уч. Западный	Ерковецкое, уч. Восточный	Лианское	Хурмурулинское, уч. Хурмурулинский	Хабаровское
1	Стоимость 1 т угля, руб.	900	900	645	810	750
2	Стоимость РМ в 1 т угля, руб.	836	742	1187	1803	115
3	Стоимость 1 т угля с РМ, руб.	1736	1642	1832	2613	865
4	ПЗ на 1 т угля (себестоимость добычи), руб.	400	400	541	440	200
5	Общие затраты на извлечение РМ из 1 т угля, руб.	334	297	475	721	46
6	Общие затраты на добычу 1 т угля и извл. из нее РМ (6 = 4 + 5)	734	697	1016	1161	246
7	Прибыль только от извлечения РМ из 1 т угля без учета угля и без налогов, руб. (7 = 2 – 6)	102	45	171	642	–131
8	Годовая производительность, млн т	3	5	4,5	0,5	0,3
9	Стоимость годовой добычи угля, млн руб.	2700	4500	2902	405	225
10	Общие кап. вложения (КВ), млн руб.	7000	8500	15 850	1780	474
11	Годовые ПЗ на добычу (за вычетом амортизации), млн руб.					
	угля	1000	1700	2316	190	41
	угля + извл. РМ	2003	3184	4458	551	55
	извл. РМ	1003	1484	2142	361	14
12	Чистая годовая прибыль (ЧГП) от добычи, млрд руб.					
	угля	4,9	14,2	7,3	0,006	0,022
	угля + извл. РМ	5,8	15,6	9,3	0,35	0,035
	извл. РМ	0,2	0,12	0,27	0,2	–0,02
13	Внутренняя норма прибыли с учетом всех затрат от добычи (рентабельность производства), %					
	угля	486	837	313,6	3,4	53,3
	угля + извл. РМ	290	491	209	63	54
	извл. РМ	9,6	3,7	6	36	–33
14	Срок окупаемости КВ, лет					
	уголь	2,3	1	5	16	16
	уголь + РМ	1,2	0,5	2	5	14
	РМ	36	72	59	9	–26
15	ПС м-ния, млрд руб.					
	уголь	95,7	463,5	155	41,2	201,2
	уголь + РМ	184,6	845,5	440	132,9	232
	РМ	88,9	382	285	91,7	30,8

да чистая годовая прибыль (ЧГП) при указанной в табл. 1 годовой производительности по первому и третьему вариантам составит от доходов по второму варианту по Хурмурулинскому месторождению 1,7 и 57%, по Новиковскому (уч. Восточный) – убыточность и 77%, Лианскому – 78

и 2,9%, Ерковецкому (участки Западный – 84 и 3,4% и Восточный – 91 и 0,8%), Эльгенскому – 7,7 и 15,7%, Корфскому – 40 и 40%. Убыточны при разработке на редкие металлы уч. Резервный Новиковского месторождения, Базовское, Хабаровское, Ланковское (все участки), Вилигинское,

**месторождений нераспределенного фонда недр Дальнего Востока:  
синий цвет; только на редкие металлы – красный цвет**

		Сахалинская область		Магаданская область				Камчатский край	
	Базовское	Новиковское, уч. Восточный	Новиковское, уч. Резервный	Эльгенское	Ланковское, уч. 1	Ланковское, остальные участки	Вилигинское	Корфское	Эчваямское
	750	810	810	810	810	810	810	1000	1000
	0	1077	520	1684	816	823	110	1788	72
	750	1887	1330	2494	1626	1633	920	2788	1072
	200	348	348	840	730	730	530	400	400
	0	431	208	675	330	330	44	715	29
	200	779	556	1515	1060	1060	574	1115	429
	-200	298	-36	169	-244	-237	-464	673	-357
	0,3	0,05	0,1	1	2	2	1,2	0,03	0,03
	225	40	81	810	1620	1620	972	25	30
	474	38	76	1500	3582	3582	3516	219	259
	41	13	33	690	1360	1360	634	7	11
	41	35	54	1365	2019	2019	687	25	12
	0	22	21	675	659	659	53	18	1
	0,022	-0,008	-0,017	0,054	0,12	0,12	0,21	0,012	0,013
	0,022	0,013	0,003	0,7	0,75	0,75	0,26	0,03	0,014
	-0,03	0,01	-0,005	0,11	-0,4	-0,4	-0,4	0,012	-0,008
	53,3	-56,4	-51,6	7,9	9,1	9,1	33,5	179,1	118,8
	53	37	5,2	51	37	37	38	119	117
	-76	29,1	-9,7	8,4	-20,2	-20,2	-63	47	-64
	22	7	45	7	10	10	15	21	20
	22	3	20	2	5	5	13	7,5	19
	-15	4	-15	13	-9	-9	-8	19	-35
	4,4	//							
	4,4	0,4	3,4	21,2	61,7	401,6	18,6	8,7	1,4
	4,4	0,9	5,55	68,4	136	885	21,2	24,5	1,5
	0	0,5	2,15	47,1	74,3	483,4	2,6	15,8	0,1

Эчваямское месторождения. Так, ЧГП при разработке Ланковского месторождения составит по этим вариантам 16,0% и убыток 53,3% от затрат на Уг+РМ. Разработка уч. Восточный Новиковского месторождения убыточна и при варианте Уг, и при варианте РМ, и только при варианте Уг+РМ

слабо прибыльна. Следует отметить вообще относительно небольшую ЧГП даже для наилучшего варианта Уг+РМ для таких месторождений, как Хабаровское, Базовское, Новиковское (единицы – первые десятки млн руб.), Хурмурулинское (сотни млн руб.). Для сравнения ЧГП для варианта

Номер показателя	Показатели	Амурская область		Хабаровский край		
		Ерковецкое, уч. Западный	Ерковецкое, уч. Восточный	Лианское	Хурмурулинское, уч. Хурмурулинский	Хабаровское
16	Структура ПС – Уг, %	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)
17	Структура ПС – Уг+PM, %	Уг (51,85), P3M (23,5), Rb (12,3), Sc (4,3), Ga (2,9), Ge (2,3), Be (1,2), Zr (0,69), МПГ (0,53), Sr (0,22), Cs (0,18), W (0,03), Au (0,022)	Уг (54,8), P3M (27,9), Rb (6,9), Sc (3,8), Ga (2,5), Be (1,75), Ge (1,0), Zr (0,58), Sr (0,45), Cs (0,17), Au (0,13), W (0,04), МПГ (0,032)	Уг (35,2), Rb (31,3), P3M (18,9), Ga (3,3), Ge (3,05), Sc (2,8), МПГ (1,8), Sr (0,93), Cs (0,79), Be (0,74), Zr (0,51), W (0,39), Au (0,2)	Уг (31,0), Rb (24,2), P3M (24,1), МПГ (9,2), Ge (3,6), Sc (3,0), Ga (2,2), Au (1,4), Be (0,53), Cs (0,44), Zr (0,28), Sr (0,13), W (0,03)	Уг (86,7), Ge (13,3)
18	Структура ПС – PM, %	P3M (48,75), Rb (25,6), Sc (9,0), Ga (6,0), Ge (4,7), Be (2,4), Zr (1,4), МПГ (1,1), Sr (0,45), Cs (0,38), W (0,063), Au (0,046)	P3M (61,8), Rb (15,2), Sc (8,4), Ga (5,4), Be (3,9), Ge (2,2), Zr (1,3), Sr (1,0), Cs (0,37), Au (0,29), W (0,09), МПГ (0,07)	Rb (48,4), P3M (29,2), Ga (5,1), Ge (4,7), Sc (4,3), МПГ (2,8), Sr (1,4), Cs (1,2), Be (1,1), Zr (0,79), W (0,59), Au (0,3)	Rb (35,1), P3M (34,9), МПГ (13,3), Ge (5,15), Sc (4,4), Ga (3,2), Au (2,0), Be (0,8), Cs (0,64), Zr (0,41), Sr (0,28), W (0,044)	Ge (100)

#### Балльная оценка целесообразности и очередности освоения редкометалльно-угольных

Показатели в штрафных баллах (место в ранговом ряду)	Амурская область		Хабаровский край		
	Ерковецкое, уч. Западный	Ерковецкое, уч. Восточный	Лианское	Хурмурулинское, уч. Хурмурулинский	Хабаровское
Подготовленные запасы	5	1	4	7	3
Годовая производительность	3	1	2	7	8
Стоимость 1 т угля с PM	6	7	5	2	13
Чистая годовая прибыль (ЧГП) от добычи угля+извл. PM	3	1	2	6	8
Внутренняя норма прибыли с учетом всех затрат от добычи угля+извл. PM (рентабельность производства)	2	1	3	6	7
Срок окупаемости KB, уголь+PM	2	1	3	5	8
ПС м-ния уголь+PM	4	2	3	7	5
Инфраструктурная позиция и экологическое благоприятствование	1	1	2	1	2
Сумма штрафных баллов	26	15	24	41	54
Очередность (выгодность) освоения	3	1	2	5	9

Уг+PM составляет миллиарды рублей для Лианского и Ерковецкого месторождений.

Наблюдается и такой парадокс, когда при разработке только на уголь доход на каждый вложенный рубль может быть большим, чем при извлечении PM. Подобная картина характерна для Ерковец-

кого, Лианского, Корфского месторождений. Для ряда месторождений этот доход в указанных обоих случаях практически одинаков (Хабаровское, Базовское, Вилигинское, Эчваямское месторождения), что объясняется незначительной ролью PM в их углях. Доходность вложений в разработку

		Сахалинская область		Магаданская область				Камчатский край	
	Базовское	Новиковское, уч. Восточный	Новиковское, уч. Резервный	Эльгенское	Ланковское, уч. 1	Ланковское, остальные участки	Вилигин- ское	Корфское	Эчваямское
	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)	Уг (100)
	Уг (100)	Уг (42,9), Rb (36,8), P3M (10,7), Sc (3,1), Ga (2,8), Cs (1,0), МПГ (0,78), Ge (0,61), Zr (0,57), Be (0,33), Sr (0,18), Au (0,055), W (0,022)	Уг (60,9), Rb (24,4), P3M (5,2), Ge (2,5), Ga (2,2), Sc (2,1), МПГ (0,76), Cs (0,61), Sr (0,46), Zr (0,43), Be (0,23), W (0,16), Au (0,06)	Rb (36,2), Yr (31), P3M (11,8), Ge (6,3), Sc (5,8), Ga (4,7), V (1,9), МПГ (1,5), Cs (0,47), Ag (0,15), Sr (0,14)	Уг (45,4), Rb (32,8), Ga (7,3), P3M (6,1), Au (2,8), МПГ (2,5), Sc (1,6), Zr (0,94), Ge (0,4), Cs (0,25), Sr (0,06)	Уг (45,4), Rb (32,8), Ga (7,3), P3M (6,1), Au (2,8), МПГ (2,5), Sc (1,6), Zr (0,94), Ge (0,4), Cs (0,25), Sr (0,06)	Уг (88,0), Ge (12,0)	Ge (40,8), Уг (35,4), P3M (13,0), Sc (2,9), V (2,9), Ga (2,0), МПГ (1,7), Zr (0,87), Mo (0,3), Ag (0,21), Sr (0,15)	Уг (93,3), Ga (3,65), Ge (2,45), P3M (0,51), Sr (0,12)
		Rb (64,5), P3M (18,8), Sc (5,5), Ga (5), Cs (1,8), МПГ (1,4), Ge (1,1), Zr (1,0), Be (0,57), Sr (0,31), Au (0,1), W (0,04)	Rb (62,4), P3M (13,3), Ge (6,3), Ga (5,6), Sc (5,4), МПГ (1,9), Cs (1,55), Sr (1,2), Zr (1,1), Be (0,58), W (0,4), Au (0,15)	Rb (52,5), P3M (17,1), Ge (9,1), Sc (8,5), Ga (6,8), V (2,8), МПГ (2,1), Cs (0,69), Ag (0,22), Sr (0,2)	Rb (60), Ga (13,3), P3M (11,1), Au (5,1), МПГ (4,6), Sc (2,9), Zr (1,7), Ge (0,73), Cs (0,46), Sr (0,11)	Rb (60), Ga (13,3), P3M (11,1), Au (5,1), МПГ (4,6), Sc (2,9), Zr (1,7), Ge (0,73), Cs (0,46), Sr (0,11)	Ge (100)	Ge (63,1), P3M (20,1), Sc (4,4), V (4,4), Ga (3,0), МПГ (2,6), Zr (1,3), Mo (0,46), Ag (0,32), Sr (0,23)	Ga (54,1), Ge (36,4), P3M (7,6), Sr (1,8)

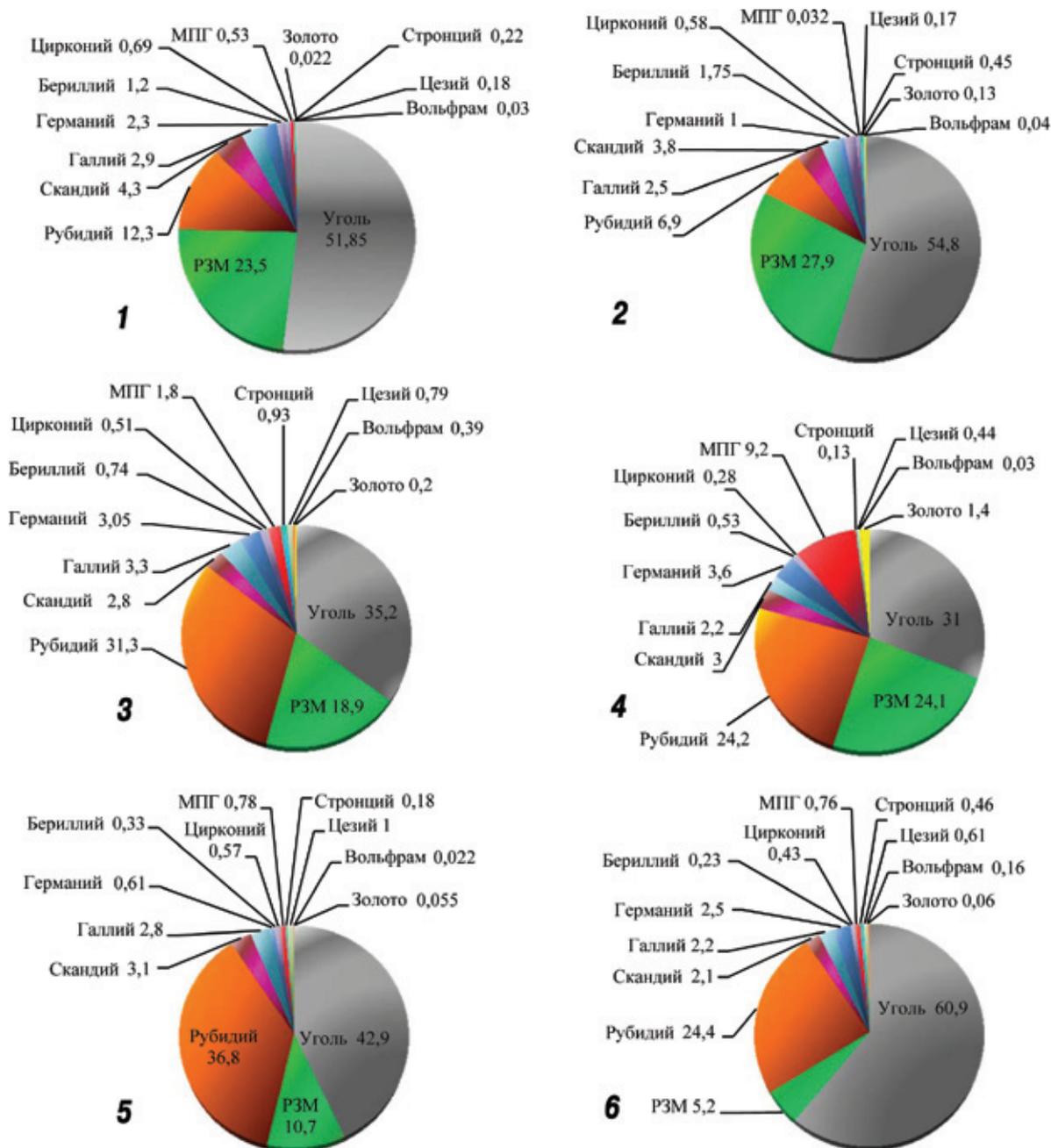
Таблица 2

## месторождений нераспределенного фонда недр Дальнего Востока

		Сахалинская область		Магаданская область				Камчатский край	
	Базовское	Новиковское, уч. Восточный	Новиковское, уч. Резервный	Эльгенское	Ланковское, уч. 1	Ланковское, остальные участки	Вили- гинское	Корфское	Эчваямское
	11	14	12	8	6	2	9	10	13
	8	10	9	6	4	4	5	11	11
	14	4	10	3	9	8	12	1	11
	10	12	13	5	4	4	7	9	11
	8	12	13	9	11	11	10	4	5
	11	4	10	3	5	5	7	6	9
	12	14	11	8	6	1	10	9	13
	2	1	1	2	1	1	2	3	3
	76	71	79	44	46	36	62	53	76
	12	11	13	6	7	4	10	8	12

месторождений при дополнительном извлечении из углей РМ весьма существенно возрастет на Хурмурулинском, Новиковском (особенно на уч. Восточный), Эльгенском, Ланковском месторождениях, в углях которых доля РМ, в частности рубидия, очень велика.

Срок окупаемости капитальных вложений при дополнительном извлечении из углей РМ сокращается в два-три раза для всех месторождений, кроме, разумеется, тех, где роль РМ ничтожна или не до конца изучена (Хабаровское, Базовское, Вилигинское, Эчваямское месторождения). КВ не окупятся



**Структура потенциальной стоимости редкометалльно-угольных месторождений с учетом всех компонентов (Уг+РМ)**

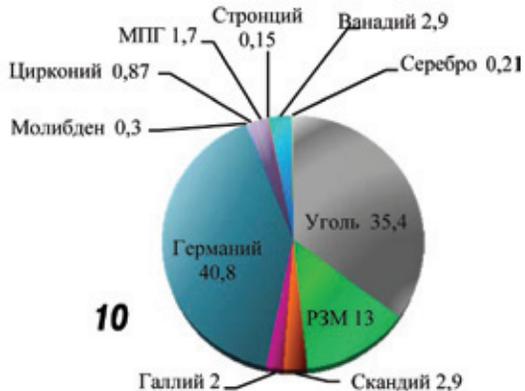
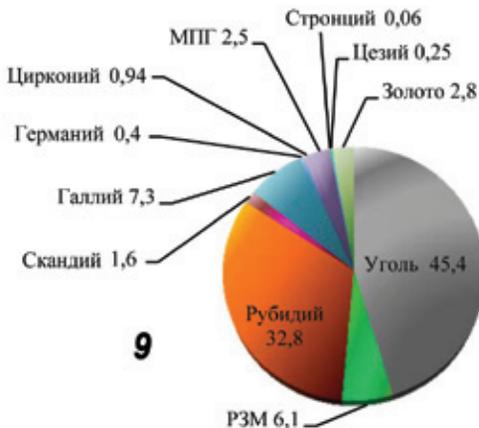
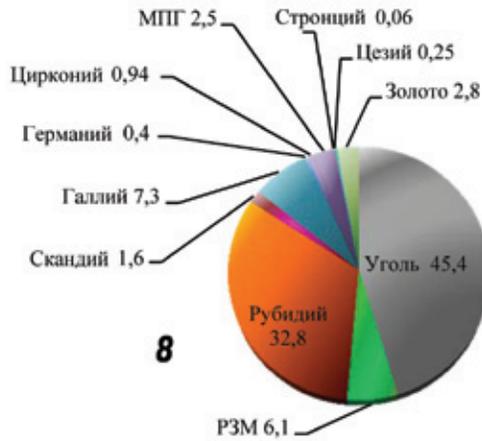
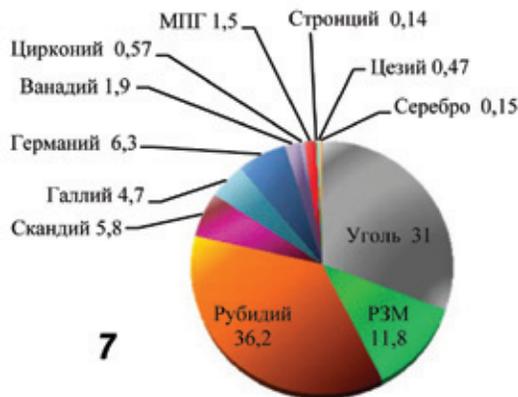
Месторождения: 1 – Ерковецкое, уч. Западный; 2 – Ерковецкое, уч. Восточный; 3 – Лианское; 4 – Хурмурулинское, уч. Хурмурулинский; 5 – Новиковское, уч. Восточный; 6 – Новиковское, уч. Резервный; 7 – Эльгенское; 8 – Ланковское, уч. 1; 9 – Ланковское, остальные уч-ки; 10 – Корфское

никогда или окупятся через десятки и сотни лет при извлечении только РМ без учета ценности как полезного ископаемого самих углей. Исключением являются месторождения Хурмурулинское (КВ окупятся через 19, при учете Уг+РМ через 5, только при УГ через 16 лет) и Новиковское, уч. Восточный (через четыре года вместо трех и семи).

Потенциальная стоимость запасов углей с учетом РМ возрастает на всех месторождениях в 2–3 раза, за исключением тех, где содержание РМ незначительно или недостаточно изучено (Хабаровское, Базовское, Вилигинское, Эчвяямское).

На рисунке показана структура потенциальной стоимости месторождений со значимой долей РМ для варианта Уг+РМ.

Эффективность добычи в них углей с последующим извлечением из углей РМ определяется для каждого месторождения индивидуально по совокупности параметров. Попытаемся оценить эту совокупность в баллах. Остановимся на следующих параметрах: подготовленные запасы; годовая производительность по углю; стоимость 1 т угля с редкими металлами; чистая годовая прибыль от добычи угля и извлечения из него РМ; внутренняя норма прибыли с учетом всех затрат от добычи угля и извлечения из него РМ (рентабельность производства); срок окупаемости капитальных вложений; потенциальная стоимость месторождения с учетом угля и редких металлов; инфраструктурная позиция (с учетом степени подготовки месторождения



к разработке); экологическое благоприятствование. По убыванию каждого признака формировались упорядоченные ранговые ряды месторождений и их участков. Первому члену ряда присваивался номер (значение) 1, второму 2 и т. д. В случае равенства значений и номера давались одинаковые. Таким образом, чем лучше положение месторождения в ранговом ряду (меньше его ранговый номер), тем меньше значение признака, которое является как бы штрафным баллом за несовершенство. Затем значения «штрафных» баллов для каждого месторождения суммируются по всем принятым для оценки месторождения признакам. По сумме баллов образуется ряд месторождений по предпочтительности освоения. Чем меньше сумма баллов

по всем признакам, тем более привлекательным признается месторождение. Получился следующий итоговый ряд месторождений по убывающей предпочтительности освоения (табл. 2): Ерковецкое, уч. Восточный; Лианское; Ерковецкое, уч. Западный; Ланковское, остальные площади; Хурмурулинское, уч. Хурмурулинский; Эльгенское; Ланковское, уч. 1; Корфское; Хабаровское; Вилигинское; Новиковское, уч. Восточный; Эчвямское и Базовское; Новиковское, уч. Резервный.

Произведенная оценка достаточно условна, однако учет РМ в буроугольных месторождениях Дальнего Востока безусловно повышает шансы их перевода из нераспределенного в распределенный фонд недр.

*Неженский Игорь Анатольевич* – доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Igor\_Nezhensky@vsegei.ru>.

*Вялов Владимир Ильич* – доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ. <Vladimir\_Vyalov@vsegei.ru>.

*Мирхалевская Наталья Валериевна* – вед. инженер, ВСЕГЕИ. <Natalia\_Mirkhalevska@vsegei.ru>.

*Шишов Евгений Павлович* – аспирант, ВСЕГЕИ. <Evgeny\_Shishov@vsegei.ru>.