

УДК 553.46.042:553.982.2

А.А. Суханов, Ю.Э. Петрова

РЕСУРСНАЯ БАЗА ПОПУТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЁЛЫХ НЕФТЕЙ РОССИИ

Рассмотрено современное состояние оценки запасов ценных попутных компонентов, содержащихся в тяжёлых нефтях Российской Федерации. Приведена современная оценка запасов ванадия в них. На примере ванадия показано, что тяжёлые нефти являются потенциальным источником более высококачественного, по сравнению с рудами, редкометального сырья.

Ключевые слова: тяжёлые нефти, полезные попутные компоненты нефтей, запасы ванадия в нефтях.

Одним из важных аспектов проблемы освоения ресурсов полезных ископаемых является необходимость их комплексного использования, законодательно закреплённая Федеральным законом «О Недрах» от 21.02.1992, ст. 23, 23.3, 35, и Постановлением Правительства РФ «Об утверждении положения о государственном контроле за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр» № 293 от 12.05.05. Согласно этим документам, при освоении минеральных ресурсов приоритетным является их комплексное использование, достоверный учёт извлекаемых запасов основных полезных ископаемых и попутных компонентов. Для ископаемых жидких углеводородов (УВ), это означает наиболее полное использование содержащихся в тяжёлых нефтях (ТН) полезных попутных компонент – примесей. К настоящему времени в нефтях обнаружено свыше 60 химических элементов, причем большая их часть представлена редкими металлами (РМ), многие из которых по распоряжению Правительства РФ от 16.01.1996 г. № 50-р входят в число видов стратегического минерального сырья. Помимо металлов, тяжёлые нефти являются потенциально промышленно значимым источником таких видов ценного химического сырья как сераорганические соединения и порфирины.

Для оценки ресурсной базы попутных компонентов тяжёлых нефтей необходимо определить:

- какие попутные компоненты нефтей подлежат учёту;
- в каких объектах следует их учитывать.

Для этого обратимся к «Классификации запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов» (утвержденной приказом МПР России от 01.11.2005, № 298), планируемой к введению в действие в 2009 г. Согласно п. 15 «Классификации...» при подсчёте запасов месторождений подлежат обязательному отдельному учёту запасы нефти, горючих газов и

содержащиеся в них компоненты (конденсат, этан, пропан, бутаны, сера, гелий, металлы) целесообразность извлечения которых, обоснована технологическими и технико-экономическими расчетами.

В Приложении 3 «Методических рекомендаций по проведению переоценки категорий и выделению групп запасов нефти и горючих газов месторождений нераспределённого фонда недр в соответствии с новой Классификацией запасов и ресурсов нефти и горючих газов» даётся определение подлежащих подсчету и учету попутных полезных ископаемых и попутных полезных компонентов. В зависимости от формы нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к их разработке, попутные полезные ископаемые и компоненты разделяются на три группы:

I группа - попутные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты и залежи в породах, вмещающих основное полезное ископаемое. Это воды продуктивных пластов или водоносных горизонтов, содержащие повышенные концентрации йода, брома, бора, соединений магния, калия, лития, рубидия, стронция и других компонентов, а также подземные воды, пригодные для бальнеологических, теплоэнергетических, технологических и иных целей.

II группа - компоненты, заключенные в полезном ископаемом и выделяемые при его добыче (сепарации) в самостоятельные продукты. В нефтяных залежах - это растворенный (попутный) газ, а в газоконденсатных - конденсат.

III группа - попутные полезные компоненты, присутствующие в составе основного полезного ископаемого и выделяемые лишь при его переработке. На месторождениях нефти и битумов такими компонентами могут быть сера, ванадий, никель, титан и др. В свободных и растворенных газах - этан, пропан, бутан, сероводород, гелий, аргон, углекислый газ, иногда ртуть. В подземных водах месторождений нефти и газа могут присутствовать йод и бром, соединения различных металлов, также относимые к полезным компонентам III группы.

Для того, чтобы определить, в каких объектах следует учитывать ресурсы попутных полезных компонентов тяжёлых нефтей, определим понятие тяжёлых нефтей, которым будем в дальнейшем руководствоваться при изложении материала данного раздела.

Понятие «тяжелые нефти» в настоящий момент не имеет однозначного толкования в РФ. Согласно упомянутой выше «Классификации запасов и прогнозных ресурсов нефти и горючих газов», нефти планируется классифицировать в соответствии с ГОСТ Р 51858-2002, согласно которому к тяжелым относятся нефти с плотностью от $0,87 \text{ г/см}^3$ до $0,895 \text{ г/см}^3$, к

битуминозным - нефти с плотностью более $0,895 \text{ г/см}^3$ (при 20°C). В соответствии с этим ГОСТом запасы ряда месторождений, которые в течение долгого времени в Государственных Балансах запасов учитывались как битумные (например Ашальчинское и Мордово-Кармальское), будут учитываться как нефтяные.

Более детальное представление о научно обоснованных, а не директивных различиях между нефтями и природными битумами можно получить из табл. 1 [Гольдберг, 1982].

Таблица 1

Свойства нефтей и природных битумов

Класс природных углеводородов	Плотность, г/см^3	Вязкость, мПа·с при 20°C или $t_{пл.}, ^\circ\text{C}$	Консистенция	Содержание		
				АСК, % вес.	серы, % вес.	металлов, г/т
Нефти						
Обычные нефти	До 0,934	< 50	жидкая	< 25	< 0,5	< 100
Высовязкие нефти	0,935 - 0,965	50-1000	вязко-жидкая	25-35	до 4	< 300
Природные битумы						
Мальты	0,966-1,03	1000-2000	вязкая	35-60	до 6	> 300
Асфальты	1,03-1,10	< 100°C	полутвёрдая	60-75	до 8	> 800
Асфальтиты	1,05-1,20	100-300	твёрдая	более 75	-	> 2000
Кериты и пр.	1,07-2,0	неплавкие	твёрдая	более 90	-	-
Озокериты	0,85-0,97		воскообразная	< 50	-	-

В соответствии с общей схемой классификации нефтей и природных битумов, принятой на XII Международном Нефтяном Конгрессе в городе Хьюстоне (США) в 1987 г.:

- к легким отнесены нефти с плотностью менее $0,870 \text{ г/см}^3$;
- к средним – $0,870 - 0,920 \text{ г/см}^3$;
- к тяжелым – $0,920 - 1,000 \text{ г/см}^3$;
- к сверхтяжелым — более $1,000 \text{ г/см}^3$ при вязкости менее 10000 мПа·с,
- к природным битумам - более $1,000 \text{ г/см}^3$ при вязкости свыше 10000 мПа·с.

Согласно технологической классификации, принятой в настоящее время за рубежом, нефти по плотности распределены следующим образом:

- лёгкая нефть – $0,650 - 0,870 \text{ г/см}^3$;
- средняя нефть - $0,871 - 0,910 \text{ г/см}^3$;

- тяжёлая нефть – 0,911 – 1,050 см³;

В то же время, принимая во внимание, что именно «Государственные балансы запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2006 г. Нефть» являются основным источником информации о ресурсной базе тяжелых нефтей, в данной статье была принята классификация, использованная в этом документе, то есть, объектами изучения являются месторождения (залежи, отдельные участки залежей), содержащие нефти с плотностью более 0,901 кг/м³ и вязкостью не более 1000 мПа·с.

Перейдём к подлежащим учёту попутным компонентам нефтей. Из всего широкого спектра попутных компонент до настоящего времени в РФ в нефтях официально учитываются только два: **серы и ванадий**. В настоящий момент и без учёта нефтей сырьевая база серы в нашей стране является избыточной. Поэтому ресурсы серы в нефтях учитываются в большей степени с точки зрения её утилизации для обеспечения экологической безопасности в ходе освоения ресурсов нефти.

Что касается ванадия, то нефти давно стали высоковостребованным стабильным сырьевым источником этого ценного металла, поскольку во многих отношениях этот вид ванадиевого сырья превосходит традиционное рудное сырьё. Так в США не менее 20% ванадиевой продукции производится из продуктов, нефтяного ряда.

В нашей стране расчёты кондиционных значений содержания ванадия в нефтях впервые были выполнены ВНИГРИ совместно с ЛГИ им. Г.В. Плеханова в 1983 г. Грибковым В.В. и др. В основу расчёта была положена технология получения легированного ванадием сплава, с концентрацией ванадия не менее 0,01 вес. %, при плавке металлизированных окатышей с применением ванадийсодержащего нефтяного кокса. Результаты расчёта показали, что попутное извлечение ванадия из нефтяного кокса пирометаллургическим способом рентабельно при содержании **пятиоксида ванадия** не менее 150-180 г/т. На основе этого значения кондиционного содержания была сделана первая экспертная оценка запасов ванадия, содержащегося в нефтях разведанных месторождений на территории России (табл. 2).

В настоящее время оценка запасов попутных полезных компонентов в нефтях осуществляется исходя из принятых кондиционных значений их содержания в данном виде сырья. Согласно вышеупомянутой «Классификации запасов...», к настоящему моменту кондиционные содержания вышеуказанных видов попутных полезных компонентов нефтей – серы и ванадия составляют:

- для серы - 0,5%;
- для ванадия (пятиоксида) – 120 г/т .

Таблица 2

**Запасы ванадия в наиболее крупных месторождениях
промышленно металлоносных нефтей РФ в 1983 г.**

Месторождения	Возраст	Содержание пятиокси ванадия, г/т	Содержание серы, вес. %	Запасы пятиокси ванадия, тыс. т.	
				геологические	извлекаемые
Волго-Уральская НГП					
Ромашкинское	C ₁ – C ₂ D ₃ ^{1р}	534-606 250-300	1,8-3,8 1,1-1,7	419,9 154,5	115,3 28,3
Ново- Елоховская группа месторождений	C ₁ ^т D ₃ ^{1р}	849 254	2,9 1,1	95,9	25,4
Ивашкино- Мало- Сульчинское	C ₁ ^т	1290	3,1	19,9	5,3
Степноозерское	C ₁	1495	4,8-5,4	21,7	5,8
Ульяновское	C ₁	1250	3,5	9,8	2,5
Арланское	C ₁ -C ₂	267	2,4-3,6	258,8	61,7
Манчаровская группа месторождений	C ₁	277	2,4-3,4	38,2	7,7
Игровское	C ₁ -C ₂	230-432	1,8-3,8	25,1	5,5
Гремихинское	C ₂	505	3,5	37,1	12,6
Кулешовское	C ₁ -C ₂ ;	473-685	0,8	58,0	9,4
Радаевское	C ₁ ;	409	3,0	18,1	3,9
Тимано-Печорская НГП					
Западно- Тэбукское	D ₃ ²	295	1,0 – 1,2	28,2	5,3
Усинское	C ₂	180-195	1,8-2,1	109,5	16,0

Таким образом, для большинства месторождений учёт ресурсов ванадия будет производиться в нефтях, плотностью от 901 г/см³ и содержанием ванадия от 120 г/т в пересчёте на пятиокись (V₂O₅). Для нескольких крупных месторождений сделано исключение. Запасы ванадия в них учтены при более низких значениях концентрации ванадия в нефтях. Основные причины, по которым сделано это исключение:

– величина запасов ванадия месторождения превышает величину аналогичных запасов, учтённых в средних по запасам месторождениях (от 3 до 30 млн. т) с содержанием пятиокси ванадия от 120 г/т;

– давно назрела необходимость пересмотра значения минимального кондиционного содержания ванадия в нефтях в сторону существенного понижения, так как согласно оценкам, выполненным на основе анализа существующих технологий нефтепереработки,

чёрной и цветной металлургии, концентрация ванадия в нефтях на уровне 30 г/т может обеспечить промышленное получение ванадиевой продукции, по рентабельности сопоставимое с её промышленным получением из рудного сырья.

В табл. 3 представлены современные данные оценки запасов ванадия в тяжёлых металлоносных нефтях РФ. Те месторождения нефтей с концентрацией пятиоксида ванадия ниже 120 г/т, запасы ванадия которых были нами учтены, будут в табл. 3 отмечены специальной сноской.

Таким образом, на 2007 г геологические запасы пятиоксида ванадия в тяжёлых металлоносных нефтях наиболее крупных (по запасам ванадия) месторождениях оцениваются в 1312 тыс. т; извлекаемые попутно с нефтью – 213,4 тыс. т. (табл. 3).

Запасы пятиоксида ванадия, содержащиеся в тяжёлой нефти, добытой в 2005 г., составляют 5,28 тыс. т.

Таблица 3

Оценка запасов ванадия в тяжёлых металлоносных нефтях РФ (2007 г.)

Месторождения	Возраст залежи	Содержание пятиоксида ванадия, г/т	Запасы пятиоксида ванадия		
			геологические, тыс. т.	извлекаемые, тыс. т.	В нефти, добытой в 2005 г, тыс. т
1	2	3	4	5	6
Волго-Уральская НГП					
Ромашкинское	C ₁ – C ₂	534-606 250-300	103,4 8,1	20,6 1,2	0,247 0,024
Ново-Елховское	C ₁ - C ₂	849	184,9	30,6	0,616
Степноозерское	C ₁ - C ₂	1495	101,5	12,4	0,280
Аксубаево-Мошкинское	C ₁ -C ₂	411	23,51	2,6	0,027
Краснооктябрьское	C ₁ – C ₂	520	14,0	1,6	0,049
Сиреневское	C ₁ – C ₂	849	10,7	1,5	0,025
Тавельское	C ₁ – C ₂	434	17,9	3,9	0,089
Аканское	C ₁ -C ₂	991	40,0	8,0	0,073
Нурлатское	C ₁	755	7,3	1,3	0,015
Радаевское	D ₃ – C ₁	417	29,8	2,4	0,075
Бурейкинское	C ₁ – C ₂	755	30,5	3,9	0,211
Ямашкинское	C ₁ – C ₂	520	30,5	4,0	0,124
Ивашкино-Мало-Сульчицкое	C ₁ – C ₂	550	14,0	2,4	0,079
Ильмовское	C ₁ – C ₂	756	8,0	1,3	0,037
Ульяновское	C ₁ – C ₂	678	12,2	2,1	0,061
Енорусскинское	C ₁ – C ₂	901	31,2	5,9	0,096
Зимницкое	C ₁ – C ₂	1640	121,3	19,7	0,007

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
Кондаковское	C ₁	1922	4,7	0,8	0,0
Менеузовское	C ₁	270	5,1	0,1	0,035
Карача-Елгинское	C ₁	332	4,3	0,3	0,009
Щелкановское	C ₁	320	3,0	0,2	0,006
Мишкинское	C ₁	306	16,3	4,1	0,190
Манчаровское	C ₁	227	6,9	0,5	0,011
Гремихинское	C ₁ – C ₂	505	31,2	5,5	0,359
Серноводское	C ₁	462	2,6	0,5	0,002
Итого по Волго-Уральской НГП			862,9	137,4	2,75
Тимано-Печорская НГП					
Усинское	C ₃ – P ₁	151	30,0	2,7	0,032
	P – C	143	69,3	5,9	0,174
	D ₂	113	13,2	1,5	0,068
Ярегское		147	33,1	11,3	0,080
		175	13,5	5,2	0,00
Торавейское	T ₁	183	18,8	2,9	0,00
	P ₁ – P ₂	116	6,3	1,8	0,045
Южно-Торавейское	T ₂₊₁ – P ₁	160	7,7	1,5	0,00
Суборское	D ₁	226	1,2	0,95	0,00
Тобойско-Мядсейское					
Тобойский уч-к	D _{3f}	453	19,1	7,4	0,007
Мядсейский уч-к	D _{3f}	157	1,1	0,4	0,00
Западно-Тэбукское	D _{3fm}	426	13,7	0,2	0,004
Варандейское	T ₁	80	2,1	0,2	0,00
	T ₁ +P ₁	160	8,6	2,2	0,020
Итого по Тимано-Печорской НГП			191,1	44,2	0,43
ЗападноСибирская НГП					
Мамонтовское*)	K ₁ , J ₃ , J ₂	70	76,3	9,1	0,541
Быстринское*)	K ₁ , J ₂	98	30,4	3,6	0,416
Усть-Балыкское	K ₁ , J ₂	226	73,9	8,2	0,481
Локосовское	K ₁ , J ₃	255	40,2	5,9	0,419
Западно-Сургутское	K ₁ , J ₃ , J ₂	321	10,6	0,2	0,119
Южно-Балыкское*)	K ₁	117	21,1	3,5	0,115
Айяунское*)	K ₂	113	5,2	1,3	0,00
Итого по Западно-Сибирской НГП			257,7	31,8	2,1
Итого по РФ			1312	213	5,28

* – месторождения, ресурсы ванадия которых учтены при содержании V₂O₅ в нефти менее 120 г/т, учитывая значительные запасы нефти и объёмы её добычи.

Для того, чтобы оценить реальное место и потенциальную значимость этих запасов ванадиевого сырья в общей структуре производства ванадиевых продуктов в России,

сравним полученные данные с данными по структуре мирового производства ванадия из рудного сырья в 2006 г., приведенными в табл. 4.

На 2006 г. в тяжёлых металлоносных нефтях наиболее крупных (по запасам ванадия) месторождениях России извлекаемые попутно с нефтью запасы пятиоксида ванадия оцениваются в 213,4 тыс. т., что составляет 4% от извлекаемых запасов ванадия в рудном сырье России. При этом, количество ванадия, потерянного в добытой в 2005 г. в РФ тяжёлой промышленно металлоносной нефти составило 5,28 тыс. т или 35% от ванадия, произведенного в РФ в 2005 г. из рудного сырья. Это количество сопоставимо с объёмами внутреннего потребления ванадия в США.

Таблица 4

**Мировое производство ванадия горно-добывающей промышленностью
[Mineral Commodity Summaries, 2007]**

Страна	Производство из руды, тыс. т		Запасы, млн. т	
	2005 г	2006 г	Извлекаемые	Геологические
США	0*)	0*)	0,045	4,0
Китай	17,0	17,5	5,0	14,0
Россия	15,1	18,8	5,0	7,0
ЮАР	25,0	25,0	3,0	12,0
Прочие страны	1,1	1,1	нд.	1,0
Всего (округлённо)	58,2	62,4	13,045	38,0

**В США производство ванадия из руды было остановлено в 1999 г.*

Представленные в табл. 4 данные по производству ванадия горно-добывающей промышленностью различных промышленно развитых стран, обладающих значительными запасами ванадиевого сырья, указывают на необходимость учёта качественных характеристик ванадиевого сырья различного его происхождения.

Прежде всего, следует обратить внимание на то, что извлекаемые запасы ванадия, содержащиеся в тяжёлых промышленно металлоносных нефтях РФ значительно превышают извлекаемые запасы в рудном сырье США. В сочетании с тем фактом, что в США производство ванадия из рудного сырья было остановлено в 1999 г, это может означать только то, что указанные извлекаемые запасы рудного ванадиевого сырья рассматриваются в США как стратегический резерв. Столь низкое отношение величины заявленных в США извлекаемых запасов ванадия к значению его геологических запасов (всего 1,1%) очевидно связано с тем, что величины экономически оправданных для промышленного производства в

условиях США концентраций ванадия в рудном сырье значительно превышают таковые для ЮАР, России и Китая - основных мировых производителей ванадия из рудного сырья. Очевидно, именно поэтому извлекаемые запасы ванадиевого сырья в США представлены только рудами с высоким содержанием ванадия, обеспечивающими высокорентабельное его производство, составляя лишь очень небольшую долю общих геологических запасов ванадийсодержащих руд США.

Для того, чтобы определить, какие сырьевые источники использует ванадиевая промышленность США, рассмотрим статистические данные о производстве и потреблении ванадиевой продукции, представленные в табл. 5.

Таблица 5

**Статистические данные о производстве и потреблении ванадиевой продукции в США
[Mineral Commodity Summaries, 2007]**

Годы	2002	2003	2004	2005	2006
Горнодобывающее производство	0	0	0	0	0
Импортируемые материалы:					
сырьевые материалы: золы, нефтекокс, шлаки и т.д.(т.)	1870	3060	2350	1690	700
Пентоксид ванадия (т.)	406	474	1040	1370	2370
Прочие оксиды, гидроксиды и др. соединения (т.)	66	74	120	186	231
Алюминиево-ванадиевые легирующие сплавы (брутто, т.)	98	232	19	1	153
Феррованадий	2520	1360	3020	11900	2220
Экспортируемые материалы:					
Пентоксид ванадия (т.)	91	185	240	254	334
Прочие оксиды, гидроксиды и др. соединения (т.)	203	284	584	899	998
Алюминиево-ванадиевые легирующие сплавы (брутто, т.)	529	677	887	1850	2700
Феррованадий	142	387	285	504	437
Заявленное потребление (т.)	3080	3240	4050	3910	3810
Средняя цена 1 кг пентоксида ванадия, долл. США	2,95	4,87	13,21	35,89	17,81

Из данных таблицы следует, что, несмотря на тенденцию к сокращению объемов импортируемого ванадиевого сырья, его доля в общих объемах внутреннего потребления ванадия продолжает оставаться довольно высокой (18 % в 2006 г). Следует также отметить, что весьма значительную долю в импортируемом США ванадиевом сырье составляет нефтяной кокс.

Производство нефтяного кокса осуществляется в Венесуэле из тяжёлых и сверхтяжёлых нефтей. Кокс содержит в среднем 8% ванадия и полностью импортируется в США. По разным оценкам производство ванадия из этого вида сырья даёт от 1 до 3 тыс. т пентоксида ванадия в год [Mining Journal, 1990].

Концентрации ванадия в руде ряда месторождений России приведены в табл. 6. Из таблицы видно, что значения содержания ванадия (пентоксида) в ванадиеносных рудах РФ находятся в пределах 0,12 – 0,68%. Для сравнения следует отметить, что в экономических условиях США содержание ванадия в руде в пределах 0,4 – 0,6 % в ряде случаев рассматривались как нерентабельные.

Таблица 6

Содержание пятиоксида ванадия в некоторых промышленных рудах и месторождениях тяжёлых нефтей и природных битумов РФ

Месторождения	Содержание пятиоксида ванадия, % вес.
рудные	
Качканарское	0,18-0,53
Кусинское	0,63-0,68
Гусевогорское	0,12-0,62
Первоуральское	0,50-0,60
нефтяные	
Степноозерское	0,15
Зимницкое	0,16
Енорускинское	0,09
Филипповское (Ульяновская обл.)	0,12
битумные	
Ашальчинское	0,09
Мордово-Кармальское	0,08

Нетрудно увидеть, что содержание ванадия в рудах основных ванадиеносных месторождений России позволяет отнести их в разряд низкорентабельного сырья (с точки зрения технологических и экономических условий США). То же самое, очевидно, относится и к другим странам – лидерам горной добычи ванадиевого сырья (КНР и ЮАР). В частности, ЮАР, обладая самыми крупными разведанными запасами ванадийсодержащих руд в мире, имеет и самое дорогостоящее производство ванадиевой продукции [Зуева, 1991]. То же самое в значительной степени применимо и к России, где запасы рудного сырья весьма значительны, но способны обеспечить лишь низкорентабельное (по крайней мере, по сравнению с условиями США) производство ванадиевой продукции.

Таким образом, запасы ванадия в тяжёлых нефтях РФ имеют важное значение, как потенциальный сырьевой источник промышленного получения ванадия не столько потому, его концентрации в нефтях ряда месторождений, как это следует из табл. 6, сравнимы с

концентрациями в рудном сырье. Более важным является то обстоятельство, что нефтяной кокс, получаемый в значительных количествах в ходе переработки тяжёлых нефтей, является более ценным сырьём для промышленного получения ванадия, чем руда. К тому же, несмотря на существование технологий, делающих переработку руд с содержаниями ванадия на уровне 0,4 – 0,5%, достаточно рентабельной и в условиях США, ряд компаний – производителей ванадия всё же предпочитают перерабатывать нефтяной кокс, ввозимый из Венесуэлы, по сравнению с рудой из расположенного вблизи перерабатывающего предприятия месторождения [Зуева, 1991].

Возвращаясь к оценке запасов ванадия в тяжёлых нефтях РФ, следует сделать вывод, что тяжёлые нефти России являются потенциальным источником ванадиевого сырья по качеству значительно превосходящего существующие в настоящее время рудные источники. Количество ванадия, содержащегося в промышленно металлоносной тяжёлой нефти, добытой в РФ в 2005 г (5,28 тыс. т пентоксида) соответствует примерно 1/3 от количества ванадия произведенного промышленностью России из рудного сырья в 2005 г (см. табл. 4). Оно сопоставимо с объёмами внутреннего потребления ванадия в США (см. табл. 5).

Отсутствие в Российской Федерации системы крупномасштабного промышленного получения ванадия из тяжёлых нефтей приводит к тому, что столь значительные количества этого ценного металла ежегодно оказываются безвозвратно утерянными для российской экономики.

Литература

Гольдберг И.С. Природные битумы СССР (закономерности формирования и размещения). - Л.: Недра, 1982. - 195 с.

Зуева Т.И. Новое в развитии минерально-сырьевой базы редких металлов // Сборник научных статей Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. - М.: ИМГРЭ, 1991. - С. 20-39

Mining Journal, 1990. - v. 314, N 8058. - p.124.

US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2007: <http://geo-nstdi.er.usgs.gov/>

Рецензент: Якуцени Вера Прокофьевна, доктор геолого-минералогических наук.