

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.3.107-124>

УДК 551.73:552.5

Коксующиеся угли Арктической зоны России

В.И. Вялов^{1,2}, А.Б. Гуревич¹, Г.М. Волкова¹, Д.А. Скиба¹, Е.П. Шишов^{1*}, А.А. Чернышев¹

¹Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Санкт-Петербург, Россия

²Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Рациональное и рентабельное освоение богатейших углеводородных ресурсов недр Арктического региона России невозможно без возобновления добычи твердого топлива. На Арктическом побережье России имеется крупнейшая база коксующихся углей ценных марок, требующая изучения и активного освоения в рамках общей стратегии освоения топливно-энергетических ресурсов недр Российского Севера и, в целом, топливно-энергетического комплекса страны. Рассматриваются наиболее ценные по качеству и свойствам месторождения и бассейны коксующихся углей Арктической зоны России. Среди них выделяются Таймырский, Тунгусский, Зырянский и Беринговский бассейны. Описаны особенности угленосности, вещественно-петрографического состава и качества, основных свойств углей бассейнов и перспективных месторождений, даны их ресурсно-геологические характеристики. Даются рекомендации по их дальнейшему изучению, обсуждаются перспективы освоения и транспортировки углей по Северному морскому пути.

Ключевые слова: уголь, угольные месторождения, Арктическая зона России, коксующиеся угли, качество углей, топливно-энергетические ресурсы, прогнозные ресурсы, минерально-сырьевая база

Для цитирования: Вялов В.И., Гуревич А.Б., Волкова Г.М., Скиба Д.А., Шишов Е.П., Чернышев А.А. (2019). Коксующиеся угли Арктической зоны России. *Георесурсы*, 21(3), с. 111-129. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.3.107-124>

Достижение уровня рентабельности освоения новых месторождений углеводородного (УВ) сырья в сложных экономико-географических условиях Арктики, наряду с созданием новых магистралей и способов транспортировки УВ-сырья и соответствующей инфраструктуры, невозможно без разработки новой стратегии развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Российской Федерации. В этой стратегии необходим обязательный учет и сопутствующее освоение месторождений и бассейнов углей и горючих сланцев Арктической зоны России. Арктическая зона исключительно богата разнообразными по качеству и возрасту углями и горючими сланцами (Додин и др., 2007). Угли Арктической зоны необходимы для обеспечения инфраструктуры ТЭК России в северных регионах страны. Угли Арктики могут быть использованы для экспорта в страны дальнего зарубежья, поскольку с конца XX века в мире стремительно растет потребление угля. В Китае за последние 35-40 лет оно увеличилось в пять раз, в Индии – вчетверо, в Бразилии – втрое. По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), использование угля продолжает расти в среднем на полтора % в год.

На рис. 1 показаны угольные бассейны и основные месторождения, расположенные в Арктической зоне России.

В настоящее время начинается освоение удаленных угольных объектов Арктики. Горно-металлургическая компания «Норникель» произвела инвестиции в освоение Сырадасайского месторождения (коксующиеся и энергетические угли с ресурсами по кат. Р₂ более 5 млрд т) Таймырского угольного бассейна. На месторождении будет построена обогатительная фабрика по

производству концентрата мощностью 12 млн т коксующегося угля в год. Планируется продавать порядка 10 млн т угля в Европу. При этом часть энергетического угля с Сырадасайского месторождения будет поставляться на ТЭЦ «Норникель». Главным направлением сбыта может стать Китай, являющийся крупнейшим в мире потребителем коксующегося угля.

Ведется строительство угольного терминала «Чайка» в 50 км от Диксона¹. В 2019 г. порт сможет перегружать свыше 10 млн т на суда дедвейтом до 76 тыс. тонн с классом ледовых усилений Arc4. Для погрузки в зимний период при сложных гидрометеорологических условиях для дальнейшей транспортировки угля Северным морским путем предполагается загружать два судна – СН-40 (балкеры типа Handymax) и СН-70 (балкеры типа Panamax).

Также начато освоение коксующихся углей Беринговского угольного бассейна. С 2008 по 2015 годы на площадях Амаамского и Алякватваамского угленосных районов компаниями «Северо-Тихоокеанская угольная компания» и «Берингпромуголь», входящими в Австралийскую компанию «Tigers Realm Coal Limited», было открыто четыре новых месторождения коксующихся углей, из них три в Амаамском районе и одно в Алякватваамском².

Очевидно, что основной интерес для освоения представляют собой месторождения и бассейны коксующихся углей, если имеется возможность транспортировки энерготехнологического сырья на специальных морских судах Северным морским путем³. Не исключается первоначальная доставка угля на Арктическое побережье по крупным рекам с выходом на Северный морской путь, в навигационный период.

* Ответственный автор: Евгений Павлович Шишов
E-mail: e-shishov@mail.ru

© 2019 Коллектив авторов

¹ https://www.korabel.ru/news/comments/samyi_severnnyy_ugolnyy_terminal_zarabotaet_na_taymyre.html

² <http://www.prochukotku.ru/20161126/1774.html>

³ Коксующиеся угли Печорского бассейна, расположенные также в Арктической зоне России, осваиваются с 1931 г. и здесь не рассматриваются

Качество углей Арктической зоны России по основным бассейнам, маркам, площадям, районам, месторождениям приведено в табл. 1, и показано на карте (рис. 1), совместно с характеристиками угленосности и ресурсами углей.

Западно-Сибирский угольный бассейн. В Арктическом регионе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП) мезозойские отложения с месторождениями УВ вмещают в себя многочисленные угольные пласты. На рис. 2 их суммарная мощность в юрских и меловых осадках показана в виде изолиний (которые в ряде случаев окаймляют зоны УВ). Стратиграфически ниже залегают локально развитые погребенные угленосные отложения палеозоя. Поэтому ряд исследователей (Звонарев, 1982; Голицын и др., 1992; Юзвский и др., 2000) выделяют огромный Западно-Сибирский угольный бассейн, географически совпадающий с Западно-Сибирской низменностью и целиком соответствующий Западно-Сибирской НГП. Угли преимущественно каменные низко метаморфизованные, но не исключено наличие в них спекающих свойств; парагенетические взаимоотношения углей и УВ показаны на рис. 2 (Вялов и др., 2006).

В верхнепалеозойских отложениях Таймырского и Тунгусского (Норильский район) бассейнов, на территории Таймырского муниципального района Красноярского края выявлен ряд месторождений коксующихся углей (рис. 3). Прогнозные ресурсы коксующихся углей, преимущественно особо ценных марок, здесь составляют 37 млрд т (табл. 2).

Таймырский угольный бассейн приурочен к области распространения пермских угленосных отложений, в виде субширотной полосы протяженностью 1000-1100 км и шириной до 100-150 км, пересекающей весь полуостров Таймыр, от Енисейского залива на западе до побережья моря Лаптевых на востоке. С севера, по системе разломов, он ограничен полем развития нижне- и среднепалеозойских образований, его южная граница достаточно условно проводится в пределах северного борта наложенного Енисей-Хатангского прогиба, где верхний палеозой и нижний триас погребены под толщей осадков мезокайнозоя. Площадь бассейна около 80 тыс. км².

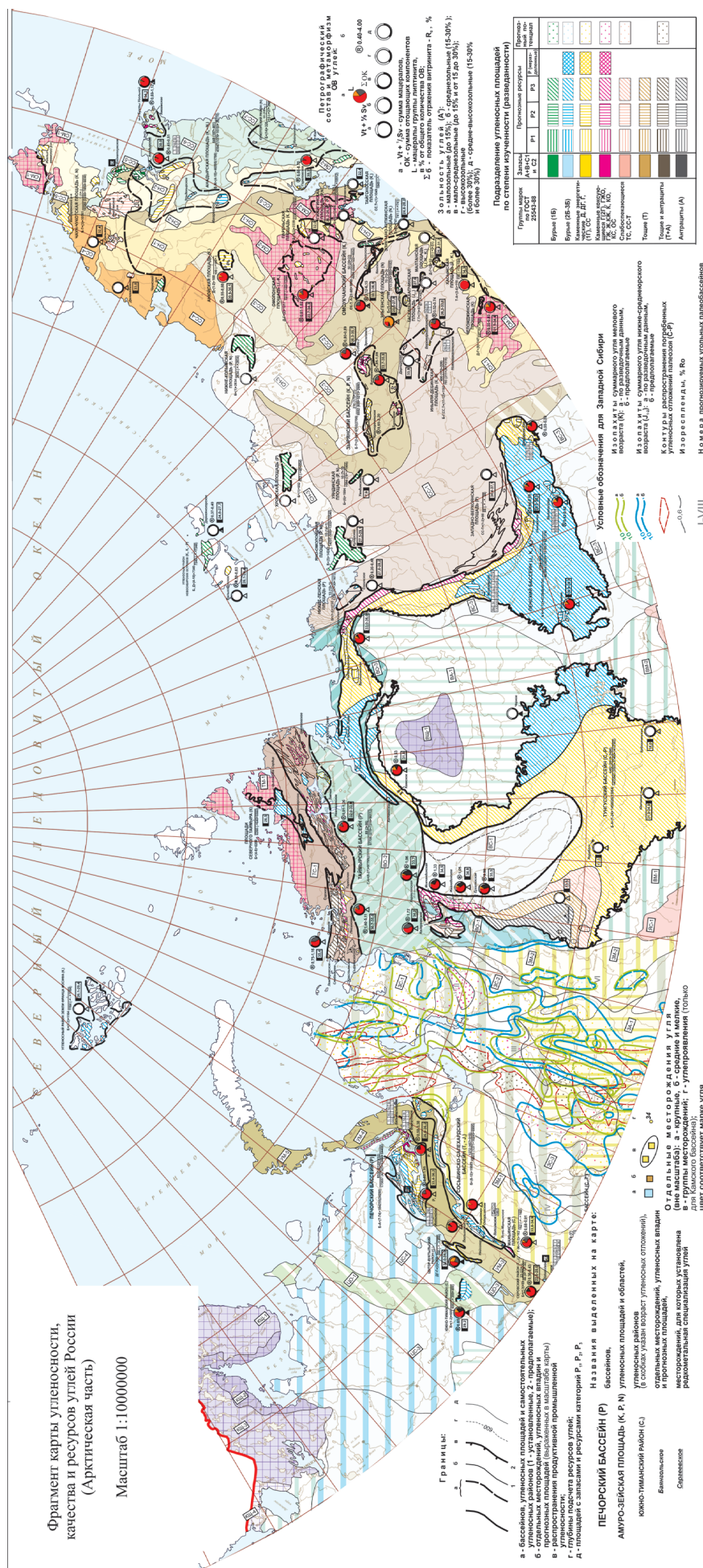


Рис. 1. Фрагмент карты угленосности, качества и ресурсов Арктической зоны России (Вялов и др., 2006, Прил. 1)

Бассейн, площадь, район, месторождение	По ГОСТ 25543-2013		ΣOK, %	V ^{daf} , %	У, мм/RI, ед	W ^a , %	A ^d , %	(A _k ^d), %	S _T ^d , %	Q _T ^d , МДж/кг	Q _s ^{daf} , МДж/кг	C ₀ ^{daf} , %	H ₀ ^{daf} , %
	Марка	Группа											
<i>Печорский бассейн</i>													
Воргашорское	Г-Ж	(1-2)Г, ПГЖО, 2Ж	16-35	32-37	6-20	2,7	20,7	9	0,5-2,2	21-27		81,9	
Юньгинское	К, КЖ	1К	17-21	23-26	13-31	1,0	17,1	8	0,8	24		87,6	
Верхнесырьягинское	КС, ОС, Т		8-25	9,1-20	0-10	1,0	16,5	8-13	0,3-1,3	27-30		90,4	4,2
Нижнесырьягинское	Ж, КЖ		14-33	28-36	18-30	1,4	18,5	8-11	0,6-1,7	26		86,2	
Паэмбойское	ГЖ		19-33	34-39	23	2,8	19-35	15	0,4	23		82	
Янгарейское	ОС		20	21	8	0,9	26-44		0,45		35,3	88,8	
Верхнеротовское	Б, Д	3Б, -	26-44	37									
<i>Сосьвинско-Салехардский бассейн</i>	Б	2Б, 3Б					16		0,3	13			
Тольинское	Б	2Б					17		-	11,7			
Оторыинское	Б	3Б					21,6		0,36	13,4			
<i>Таймырский бассейн</i>													
Слободское	А, Т		32	4-12		2,8	20,2		1,48		34,0	92,2	2,5
Сырадасайское	Г-СС		0-69	9,5-44,3	8-35	0,2-9,9	5,8-42,5		0,2-4,1		35,4	79,3-92,6	2,8-5,8
Озерное	КС-Т			8-35	0-13	2,1	14,7		0,5		33,3	78,3	4,2
Пясинское	КС-Т, А		1,25	5-44,3	0-8	0,5-5,5	7-45		0,65		33,2	85,7-95,8	0,9-5
Тарейское	Г-ГЖО		44	37,5	9-15	1,45	11,6		0,17		34,1	82,0	4,6
Сэрэген	А	3А	16	4,1		1,0	12,5		0,09			95,1	1,2
Заячье	К-КС			26-31	5-16	2,6	5,6		0,46		33,3	83,0	4,8
Черноярское	К-ОС			21-29	5-16	3,3	7,1		0,37		32,9	82,8	4,6
Цветковское	Г-ОС						16,8		0,56		34,5		
<i>Северный Таймыр: Цыганское Сердце</i>	Б	3Б		47		14,3	10,3		1,3		26,7	73,5	4,3
<i>Тунгусский бассейн:</i>													
Далдыкаское	Ж, К												
Кайерканское	КО, КС						20,4		0,66		33,9		
Листвяно-Вальковское	КО, СС	2КО, 2-3СС											
Норильское	-"						20		1,1	24			
Имангдинское	Ж, К, ОС	(1-2)Ж		26,9	6-19	1,9	16,1		0,41		33,8	82,7-92,8	
Каяское	Д, СС			45,2			7,0		0,43		32,1	75	
Курейское	Т, А			5,2-12		6,3	12,1		0,3		32,7	89-96,3	
Микчандинское	Д-Т			12-39		1,5-5,5	4,8-42,6		-		30,7-35,3	75-89	

Табл. 1. Качество углей Арктической зоны России по основным бассейнам, маркам, площадям, районам, месторождениям

Хатангское	Б	ЗБ																		
Сындаское	Б	ЗБ																		
Юрюнг-Тумус	Б	2Б-3Б																		
Южный Тигян	Б	2Б									3,0		0,5	9,0						
Тиксинский район																				
Буоакалахское	Д										28,0		0,4							
Таймыльское	Д									40	4,9	6,5	0,3					32,0	78,9	
Чай-Тумусское	Г,Ж									35,7-37,5	1,7-2,8	6,6-10,9	0,42					33,6-35,7	83-85,7	5,6-5,8
Зырянский бассейн:																				
Тихонское	Г-ОС											14,1		0,46						
Сибик-2	ГЖО						08_3610		0,8-0,89		8-12	1,7-3,0	0,25	27,2				33,7	82,3-85,5	5,3-6,2
Эрозионное	Ж-К						1023023		1,0-1,1	10-34	1,2	14,5	0,27	26,2				35,0	85,8	5,6
Буор-Кемюское	ГЖО						0813012		0,87	16-20	11-13	12-14	0,3-0,4	24,5				35,4	75,8-85,5	5,3
Анной	Д																			
Яблонское	Т	1Т,3СС										15,4		0,77						
Эльденырское	Д									5-43		17,0		0,6	16,0					
Рарыгинское	Б,Д										5,9	22,3	1,0					30,5	74,7	5,7
Анальрское	Б,Д	ЗБ,-					0302010(Б)		0,35-0,49	0-2	5,5	6-21,3	0,6	19,8					74,5-77,6	5,6
Койнатхунское	Б	ПБ								54,8-55,6		10,8-20	2,0	7,8					62,3-63,2	4,3-5,6
Бухты Угольной	Г	ПГ-2Г							0,66-0,95	2-22	1,8	8,2	1,86					32,7-35,6	81,0	5,9
Амаамское	Ж-Т									31	Сплав. Спек.	2,9	17,9	0,76				31,1	81,0-79,5	5,2
Долгожданное	Т,СС									7-29		0,5-	7,2	0,68				32,3	75,7-90,1	2,7-3,0
Дальнее	СС,Т,А									4-29		1,1-4,4	7,2	0,76					81,7-93,6	1,3-3,7
Залива Креста	Д																			
Верхне-Амгуэмский	Д																			
Корфское	Б	ЗБ					0412005		0,43	12-19	50	15,0		0,41	20,6				70,3	5,4

Продолжение табл. 1. Качество углей Арктической зоны России по основным бассейнам, маркам, площадям, районам, месторождениям

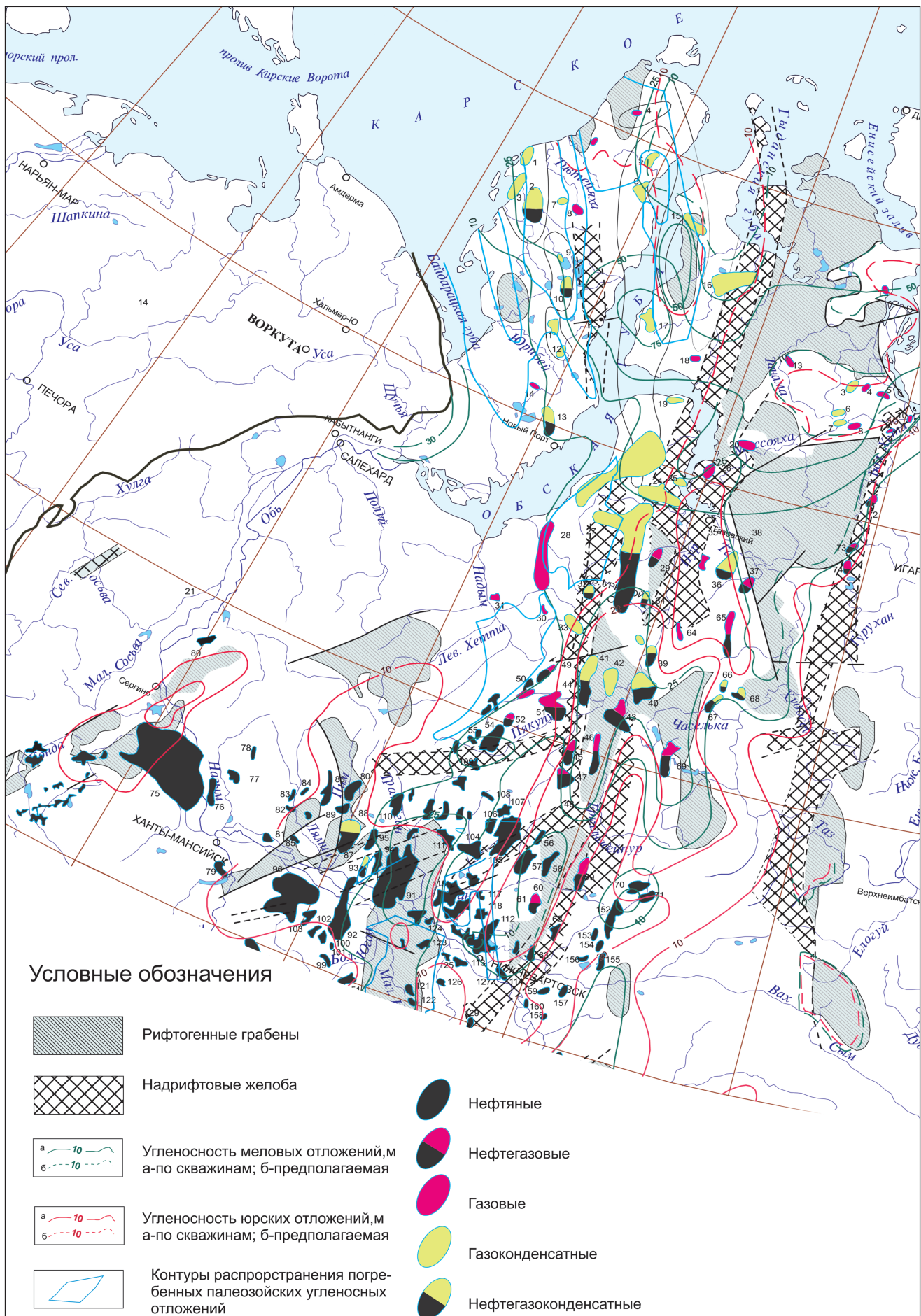


Рис. 2. Взаимосвязь УВ и угольных объектов (в контурах суммарных мощностей угольных пластов мелового, юрского возраста + глубоко погребенных палеозойских угленосных толщ) на севере Западно-Сибирской НГП

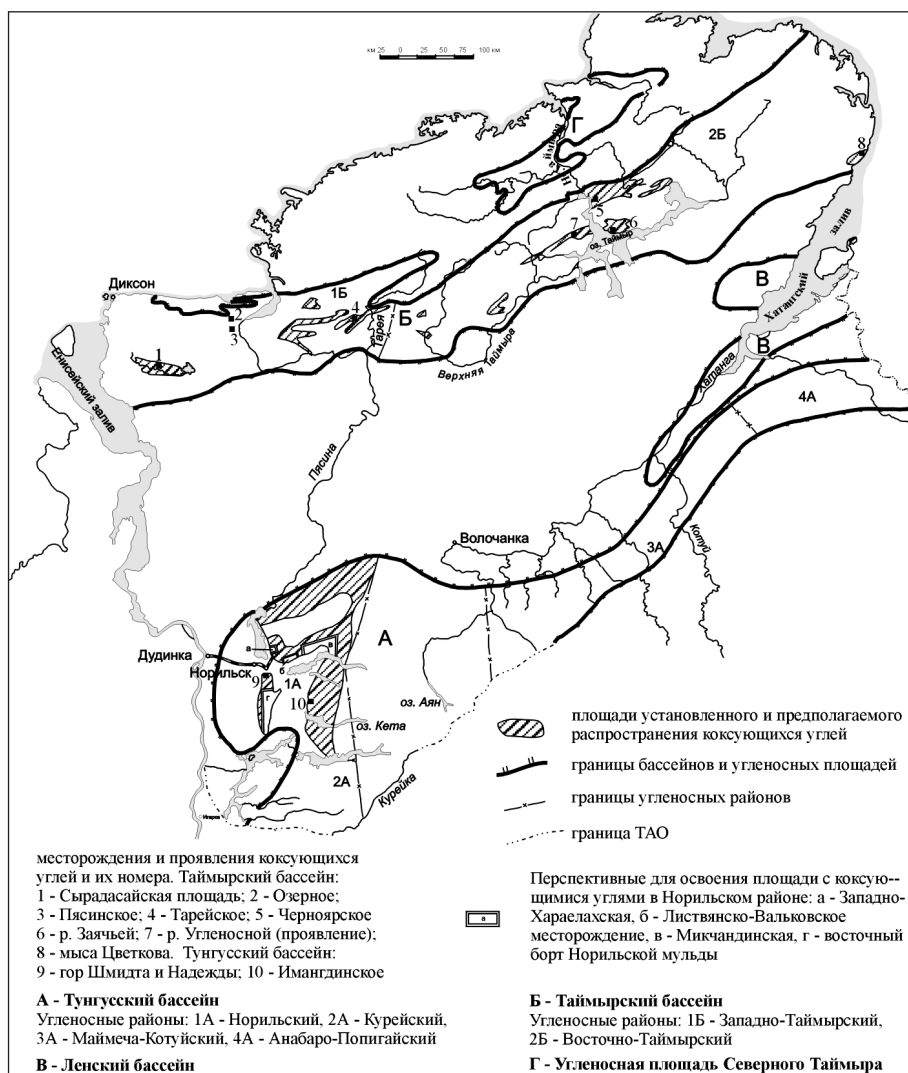


Рис. 3. Схема распределения месторождений с ресурсами коксующихся углей на территории северной части Красноярского края

В структурном отношении он принадлежит Таймырской складчатой системе. Тарейским валообразным поднятием бассейн делится на две изолированные площади: Западно-Таймырский и Восточно-Таймырский угленосные районы, локализованные в одноименных тектонических впадинах.

Коксующиеся угли преобладают на Сырадасайской площади и Тарейском месторождении в Западно-Таймырском районе, а также на месторождениях Черноярском, реки Заячьей, углепроявлениях по р. Угленосной и мыс Цветкова в Восточно-Таймырском районе. Кроме того, угли марок КС и ТС (по ГОСТ 25543-2013) присутствуют на Пясинском и Озёрном месторождениях (Западный Таймыр) среди преобладающих углей марок СС и Т. Все объекты изучены недостаточно, разведанных месторождений с балансовыми запасами нет, постоянное население на их территории и дороги отсутствуют.

Сырадасайское месторождение содержит угли ценных коксующихся марок, находится в западной части полуострова Таймыр примерно в 60 км от Енисейского залива и 110-120 км от пос. Диксон. Наличие угольных пластов установлено в разрезе ефремовской, убойнинской, крестьянской, макаревичско-бражниковской

свит. *Ефремовская свита* – нижнее угленасыщенное звено угленосной формации. Наиболее полная картина угленосности свиты представлена в центральной части Сырадасайской площади, где она изучена по полным разрезам скважин 1, 3, 4, 5; характер угленосности на востоке получен по скважине 8; на западе скважинами 16, 17 и 18 вскрыта верхняя, наиболее угленасыщенная часть свиты. Нижняя, менее угленосная часть подсечена скважиной 14. Мощность угольных пластов свиты варьирует от 0,2 до 5,3 м. *Убойнинская свита* включает 10 угольных пластов простого и сложного строения с мощностями от 0,2-0,4 м до 12,1 м (в пересчете на уголь). *Крестьянская свита* мало угленосная (6 пластов – от 0,3 до 1-1,6 м). Метаморфизм и марочный состав углей представлен в табл. 3.

Метаморфизм углей Сырадасайского месторождения определяется не только стратиграфической глубиной положения пластов, но и меняется (в сторону повышения) в направлении с востока на запад.

Показатели качества углей различных стадии метаморфизма и марок приведены в табл. 4-5.

Состав золы углей: SiO_2 – 49-62 % и Al_2O_3 – 14-23 %. Окислы железа составляют от 3,5 до 6,8 %, TiO_2 – 0,7-1,2 %, CaO – от 6,7 до 16,7 % при массовых значениях 10-12 %; MgO – 2,1-5,0 %; SO_4 – 4,3-8,2 % при средних

Бассейн, район	Глубина оценки,	Марка угля	Общие ресурсы	Балансовые запасы			Прогнозные ресурсы			
				Всего	В том числе по категориям		Всего	В том числе по категориям		
					A+B+C ₁	C ₂		P ₁	P ₂	P ₃
Таймырский бассейн	0-600	Г	1299	-	-	-	1299	-	230	1069
	0-600	ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К,	10347	-	-	-	10347	-	2833	7514
	0-600	КО, КС, ОС, (ТС)	11465	-	-	-	11465	56	2227	9182
Итого: коксующихся углей	0-600	Г-ТС	23111	-	-	-	23111	56	5290	17765
Тунгусский бассейн	0-600	ГЖО, Ж	7444	244	151	93	7200	-	3200	4000
Норильский район	0-600	К, КО, КС	6520	-	-	-	6520	120	5700	700
Итого: коксующихся углей	0-600	ГЖО-КС	13964	244	151	93	13720	120	8900	4700
Всего по Таймырскому муниципальному району	0-600	Г	1299	-	-	-	1299	-	230	1069
	0-600	ГЖО-КЖ	17791	244	151	93	17547	-	6033	11514
	0-600	К-ТС	17985	-	-	-	17985	176	7927	9882
Итого: коксующихся углей	0-600	Г-ТС	37075	244	151	93	36831	176	14190	22465

Табл. 2. Ресурсы коксующихся углей Таймырского муниципального района Красноярского края (млн т)

Индекс угольного пласта	Участки					
	"Западный"		"Центральный"		"Восточный"	
	Стадия метаморфизма	Марка, группа углей	Стадия метаморфизма	Марка, группа углей	Стадия метаморфизма	Марка, группа углей
m ₁	III	1Ж	II-III	-	II	Г
k ₄ ²		Ж		-		-
k ₄ ¹		1Ж		-		-
k ₃		ж		-		2Г
k ₂		1Ж		-		2Г
k ₁		-		-		2Г
u ₁₀		КЖ		2ЖВ		2Г-ГЖ
u ₉		-		2ЖВ		-
u ₈	III-IV	-		ГЖ		2Г
u ₇		-		ГЖ		-
u ₆		-		ГЖ		-
u ₅		-		ГЖ		-
u ₄		КЖ	III	Ж		2Г
u ₃		КЖ.КФ		КЖ		-
u ₂	IV	1КВ	III-IV	-	III, III-IV	-
u ₁		-	IV	-		-
e ₁₁		-		К		-
e ₁₀		-		КЖ-КО	IV	КСН
e ₉		1СС,		К-КСН		-
e ₈		1КВ		1К-		-
e ₇		КС		КО		-
e ₆	IV-VI	СС		К-КО		-
e ₅		К	IV-VI	1СС		-
e ₄		Т		Т-СС		-

Табл. 3. Стадии метаморфизма и марочный состав (по ГОСТ 25543-2013) углей на участках Сырадасайского месторождения

содержаниях 4-6 и аномальных значениях до 15%; P₂O₅ – 0,1-1,7, чаще менее 1%; K₂O ~ 0,6-1,3 с аномальными содержаниями 2,4%; Na₂O – 0,2-3,0%.

Ресурсы углей. Оценка прогнозных ресурсов углей проводилась по категориям P₂ и P₃ на разных участках площади, в зависимости от степени их изученности, до глубины 600 м.

По аналогии с Печорским бассейном, кондиционные для коксования приняты угольные пласты марок и технологических групп СС-2Г мощностью 0,7 м и выше, при содержании золы ниже 25%, для энергетических целей – угли пластов мощностью 0,8 м и выше, зольность – до 40%.

Для подсчета прогнозных ресурсов были приняты поправочные коэффициенты 0,6-0,8 на размыв и выклинивание угольных пластов, влияние интрузий траппов и положение пластов угля до глубины 600 м.

Общие прогнозные ресурсы Сырадасайского месторождения составляют 5,678 млрд т, из них кондиционных коксующихся углей – 5,298, в том числе по категориям P₂ – 3,898, P₃ – 1,400.

Тунгусский угольный бассейн расположен на территории Красноярского края (90%), частично в Республике Якутия и Иркутской области. Площадь бассейна более 1 млн км². Бассейн расположен в труднодоступных районах и поэтому слабо изучен. Разведочные работы проводились на разобренных площадях. Балансовые запасы категории A+B+C₁ около 2015 млн т, балансовые оценочные запасы (категории C₂) – 2466 млн т. Основные разведанные месторождения в Норильском районе – Кайерканское, Далдыканское, Норильское-1, Имангдинское, на северо-востоке бассейна – Каякское.

Угли выявлены в отложениях среднего и верхнего карбона, перми, юры и палеогена. Основная угленосность связана с континентальными отложениями перми и карбона мощностью 350-1460 м, которые слагают крупные пологие структуры в осадочном чехле Сибирской платформы. Отложения перекрыты туфогенными и лавовыми толщами мощностью до 1500-2000 м и прорваны интрузиями изверженных пород.

Все ресурсы коксующихся углей Тунгусского бассейна локализованы в Норильском промышленном районе. Известно, что в 40-60-х годах прошлого столетия эти угли использовались для производства кондиционного металлургического кокса, который применялся для выплавки цветных металлов на Норильском горно-металлургическом комбинате. Кокс выжигался из угля пласта I кайерканской свиты, добываемого на шахте «Западная-коксовая»

Стадия метаморфизма, марка углей	R _o	V ^{daf}	C ^{daf}	H ^{daf}	N ^{daf}	Q _s ^{daf} , МДж/кг
	%			%		
II (Г)	0,74-0,86	37,1-44,3	79,4-83,2	5,4-5,6	1,64-2,53	33,07-35,12
II-III (ГЖ)	0,8-0,96	30,6-36,1	83,5-86,2	5,2-5,5	1,6-2,06	35,02-35,63
III (Ж)	0,89-1,11	30,0-35,9	79,3-86,6	5,1-5,5	1,7-2,4	33,76-35,35
III-IV (КЖ)	0,88-1,14	26,5-31,7	86,6-87,2	5,0-5,5	1,7-2,3	35,09-35,55
IV (К)	1,10-1,23	22,1-28,5	80,9-89,5	4,3-5,0	1,8-3,0	34,46-35,56
III-V (СО)	1,06-1,54	18,2-26,1	85,1-88,9	4,0-4,9	1,2-1,9	34,39-35,31
VI (Т)	1,92-2,21	7,9-18,2	89,1-93,2	1,4-4,1	0,6-2,3	30,35-35,07
VII (А)*	2,52-5,51	5,6-18,3	85,1-94,5	1,4-2,5	0,9-1,4	32,15-33,87

Табл. 4. Показатели качества углей разных стадий метаморфизма и марок. *Антрациты – только в зонах термального воздействия интрузий.

Свита	Участки		
	"Западный"	"Центральный"	"Восточный"
Крестьянская	16,5-38,3	-	18,3-21,4
Убойнинская	14,8-25,5	12,6-20,7	12,6-24,3
Ефремовская	10,2-33,8	10,0-28,9	9,9-30,4

Табл. 5. Зольность (в %) углей по угленосным свитам и участкам месторождения Сырадасай

месторождения гор Шмидта и Надежды. При толщине пластического слоя исходных углей 7-9 мм барабанная проба составляла 250-270 (кг), при тощине 11-14 мм – 310 (кг). Положительные результаты по коксованию норильских углей были получены при полупромышленных испытаниях углей Листвянско-Вальковского и Имангдинского месторождений.

Однако вследствие проявлений термально-контактового метаморфизма, который ухудшает спекающие свойства углей, сложилось ошибочное мнение о непригодности углей Тунгусского бассейна для производства кондиционного металлургического кокса. Именно термальный метаморфизм, широко проявившийся в Норильском районе, обусловил образование коксующихся углей. Коксующиеся угли бассейна Витбанк (ЮАР), ближайшего аналога Тунгусского бассейна (по геологическому строению и насыщенности интрузиями долеритов), в больших объемах вывозятся в страны ЕС.

Петрографические типы углей Норильского района показаны на рис. 4.

Общая оценка перспектив Норильского района на угли коксующихся марок. В Норильском районе коксующиеся угли принадлежат маркам ГЖО, Ж, К, КО, КС. Их маркировка по ГОСТ 25543-88 была выполнена в отделе горючих ископаемых ФГБУ «ВСЕГЕИ».

Площади установленного и предполагаемого распространения углей различных марок приурочены к бортам Хараелахской и Норильской мульды, а также северо-западному крылу Тунгусской синеклизы. Угли марки ГЖО преобладают на восточном крыле Норильской мульды, марки Ж – по северу Хараелахской мульды и восточной окраине района (Тунгусская синеклиза), угли марок К, КО, КС – по южной окраине Хараелахской и северному замыканию Норильской мульды (рис. 5).

Имангдинское месторождение находится на расстоянии 85-90 км к востоку от г. Норильска, отделено от него полным бездорожьем, широкой долиной р. Рыбной и

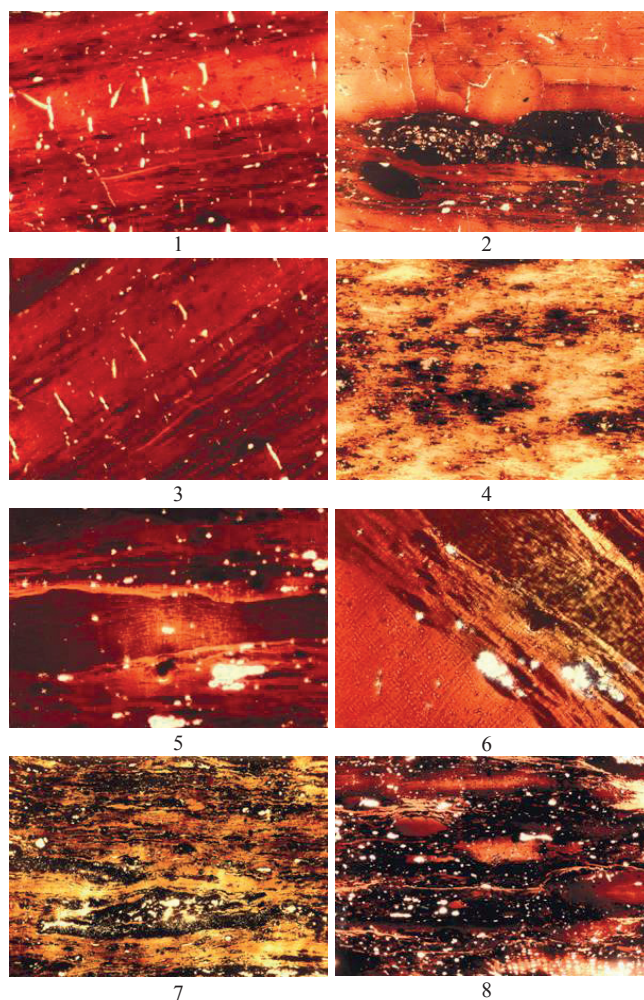


Рис. 4. Типы каменных углей северной части Тунгусского бассейна (Норильский район): 1) Фюзинито-гелитит аттрито-фрагментарный. $\times 150$. Месторождение г. Шмидта, К (P_2); 2) Тот же объект, николи +; 3) Фюзинито-гелитит аттрито-фрагментарный. $\times 90$. Пласт I, Листвянско-Вальковское месторождение, К (P_2); 4) Фюзинито-гелитит аттритовый. $\times 150$. Пласт VI, месторождение г. Надежды, ОС (P_1); 5) Фюзинито-гелитит десмито-фрагментарный. $\times 200$. Пласт IX, Кайерканское месторождение, Т (P_1); 6) Тот же объект, николи +; 7) Гелито-фюзинит аттрито-фрагментарный. $\times 90$. Пласт VII, Имангдинское месторождение, Ж (P_1).

вряд ли в ближайшем будущем будет представлять промышленный интерес. Аналогичное заключение следует в отношении отдаленных и труднодоступных площадей на севере и востоке района.

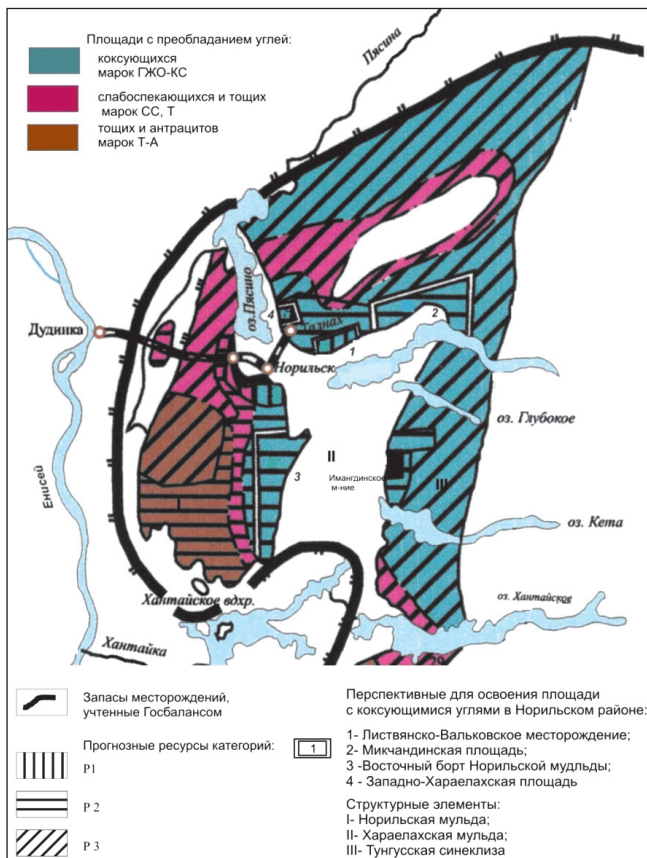


Рис. 5. Схематическая карта распределения ресурсов углей Норильского района

Перспективными для создания сырьевой базы коксующихся углей представляются объекты, приближенные к транспортной инфраструктуре западной части Норильского промышленного района. Очередность изучения диктуется, кроме того, степенью их изученности. К ним относятся нижеследующие объекты.

Листвянско-Вальковское месторождение расположено в 25-35 км к северо-востоку от г. Норильск и в 10 км от г. Талнах. По простиранию верхнепалеозойских угленосных отложений его длина составляет 22 км, ширина 500-1500 м, площадь около 20 км². Угленосная толща средней мощностью 210 м выходит на дневную поверхность по южному склону плато Хараелах и заключает 5-6 рабочих пластов, сгруппированных в два продуктивных горизонта: нижний, в далдыканской свите (P₁) с 2 пластами, преимущественно средней мощности, и верхний, в кайерканской свите (P₂) с тремя пластами, мощностью 1,5-8,2 м и средней суммарной мощностью 11,7 м. Все «целевые угольные пласты были вскрыты канавами, шурфами, штольнями, скважинами, пробуренными с поверхности и из горных выработок.

Коксующиеся угли, локализующиеся преимущественно в кайерканской свите восточной (Вальковской) части месторождения, среднезольные (15-20%), малосернистые (0,5%), с теплотой сгорания 35-36 МДж/кг и толщиной пластического слоя 7-15 мм, относятся к марке КО (коксовый отощенный). Их ресурсы на площади 11 км² оцениваются в 100 млн т из общего количества 235 млн т по категории P₁, потенциально извлекаемые, с учетом отрицательного влияния интрузий долеритов на спекающие свойства углей – 60 млн т. Имеется возможность

их прироста за счет площадей, примыкающих с севера и востока к месторождению. Пологое залегание (5-15°) и расчлененный рельеф позволяют вести разработку месторождения относительно дешевым штольневом способом с предполагаемой мощностью горного предприятия 1 млн т/год. Его западный фланг расположен всего в нескольких километрах от шоссейной и железной дорог на территории Талнахского месторождения медно-никелевых руд. Месторождение разведывалось в 1958-1969 гг. прошлого столетия с целью замещения обрабатываемых запасов коксующихся углей месторождения гор Шмидта и Надежды. Технологические испытания подтвердили близость характеристик получаемого кокса обоих месторождений. В конце 60-х годов XX века все специализированные работы на уголь в местных геологических организациях были прекращены. По этой причине определения коэффициента отражения витринита – универсального показателя степени метаморфизма углей, и мацерального состава органического вещества (ОВ), необходимых для кодификации и маркировки углей по ГОСТ 25543-88 (теперь ГОСТ 25543-2013), не были проведены.

На месторождении может быть рекомендована постановка геологоразведочных работ.

Микчандинская площадь расположена в прибортовой части юго-восточного крыла Хараелахской мульды, от водораздела р. Аякли-Хенюлях на западе до долины р. Микчанды на востоке. Длина площади по простиранию – около 40 км, по падению угленосных отложений – от 6-8 до 16 км, площадь – около 350 км². Тектоническое строение и современный рельеф местности близки к таковым на Листвянско-Вальковском месторождении, от восточной границы которого рассматриваемый объект удален на 20-25 км. Угленосная толща мощностью от 150 до 300 м содержит от 2 до 7, в среднем 6 рабочих пластов, преимущественно средней и большой мощности и относительно простого строения. Они вскрываются в естественных обнажениях на крутых склонах плато Хараелах, а также в структурно-картировочных и рудопоисковых скважинах при проведении геолого-съёмочных работ масштаба 1:50000. Интерес представляют 2-4 пласта кайерканской свиты мощностью от 0,7 до 9,5 м и средней суммарной мощностью 13,8 м. Угли относятся к марке КС, группе 1КС; мало- и среднезольные (10-15%), низкосернистые (0,4-0,5%), с теплотой сгорания 34-35 МДж/кг и толщиной пластического слоя 8-9 мм.

Геологическая изученность данной площади существенно ниже, чем Листвянско-Вальковского месторождения. В контуре редкой сети рудопоисковых скважин прогнозные ресурсы коксовых слабоспекающихся углей площади до глубины 600 м оцениваются по категории P₂ в количестве 1,5 млрд т, потенциально извлекаемые – 900 млн т. Глубина залегания угольных пластов не превышает 500 м, их пологое моноклинальное залегание (5-15°) и расчлененный рельеф местности позволяют вести добычу углей штольневом способом. Транспортные условия несколько сложнее, чем в районе Листвянско-Вальковского месторождения, от железной и шоссейной дорог, соединяющих Норильск с рудниками Талнаха, площадь удалена на 40 км, постоянные пути сообщения отсутствуют. В западной части площади выделен участок 80 км² с прогнозными ресурсами категории P₂ в количестве

630 млн т и потенциально извлекаемыми с учетом влияния интрузивного фактора ресурсами – 380 млн т. Здесь могут быть проведены, после предлагаемого ФГБУ «ВСЕГЕИ» и Московским государственным университетом доизучения площади, специализированные на уголь поисковые работы второй очереди (после Листвянско-Вальковского месторождения).

Восточный борт Норильской мульды. Перспективная угленосная площадь образует субмеридиональную полосу длиной до 50 и шириной до 10-15 км, ее северная граница проходит в 30 км к югу от г. Норильск.

Угленосные отложения мощностью 90-150 м выходят на дневную поверхность по восточной кромке Норильского плато, на остальной территории они перекрыты туфолавовой толщей пермотриаса и вскрываются структурно-картировочными и рудопоисковыми скважинами, пройденными при ГС-50 с общими поисками. Кайерканская свита, единственный выдержанный на площади продуктивный уровень, заключает от 2 до 3 рабочих пластов единичной мощностью от 0,95 до 8,9 м и суммарной – 6,3-8,9 м. Они полого погружаются на запад под углами 5-25°. Угли марки ГЖО, группы 1ГЖО, мало- и среднезольные (6-20 %), низкосернистые (0,2-0,5 %), с теплотой сгорания 34-35 МДж/кг и толщиной пластического слоя 10-11 мм. На оцениваемом участке площадью 200 км² прогнозные ресурсы категории Р₂ до глубины 600 м составили 1100 млн т, потенциально извлекаемые ресурсы (с учетом интрузивного фактора) – 650 млн т. Вплоть до северной границы площади имеется автодорога с твердым покрытием, в ее пределах – только временные грунтовые дороги. Здесь может быть рекомендована постановка специализированных на уголь поисковых работ III-й очереди, после Листвянско-Вальковского месторождения и Микчандинской площади, с массовым ревизионным опробованием угольных пластов по керну скважин, поверхностным горным выработкам и естественным обнажениям.

Западно-Харалахская площадь приурочена к юго-западному замыканию Харалахской мульды. Ее размеры 6×16 км²; на востоке она непосредственно примыкает к территории Талнахского рудного узла. Угленосные отложения мощностью 180-270 м полого (5-15°) погружаются в северо-восточном направлении и заключают до 6 рабочих пластов. К оценке приняты 2-4 пласта кайерканской свиты средней суммарной мощностью 11,5 м на площади 40 км². По данным единичных анализов керновых проб угли малозольные, низкосернистые, могут быть условно отнесены к марке К. Прогнозные ресурсы углей категории Р₃ составляют 300 млн т. От поля рудника «Октябрьский» железной и шоссейной дорогами площадь удалена всего на 12-20 км. Ревизионное переописание и опробование угольных пластов по керну ранее пробуренных скважин с комплексным изучением вещественно-петрографического состава, коэффициента отражения витринита и химико-технологических характеристик углей должно определить рациональность постановки на данной площади специализированных поисковых работ.

В целом, прогнозные ресурсы перспективных площадей составляют 3 млрд т в основном по категории Р₂, потенциально извлекаемые – 1600-1700 млн т. Это может дать реальную возможность, при дальнейшем

изучении коксующихся углей Норильского района, для создания резервной сырьевой базы для коксохимической промышленности.

При этом, перспективные площади Норильского района обладают рядом конкурентных преимуществ по сравнению с приобретенным Норникелем Сырадасайским месторождением, а именно:

- расположением на территории освоенного горнорудного района с развитой промышленной, транспортной и социальной инфраструктурой. Максимальное удаление от железной и шоссейной дорог не превышает нескольких десятков километров;
- доказанной технологичностью норильских углей для производства металлургического кокса;
- возможностью подключения объектов к существующим энергетическим сетям;
- использованием традиционного для района штольневой способа разработки угольных месторождений, оказывающего незначительное отрицательное воздействие на окружающую среду;
- наличием местных трудовых ресурсов;
- относительно более благоприятными климатическими условиями.

Вышеуказанные угольные объекты Норильского района Тунгусского бассейна, при их доизучении, могут быть представлены на лицензирование аналогично Сырадасайскому месторождению Таймырского бассейна.

Дополнительное исследование ресурсного потенциала коксующихся углей Норильского района с целью обоснования резервной сырьевой базы коксохимической промышленности позволит начать ее освоение уже в ближайшем будущем, при несравненно меньших инвестициях, чем на Сырадасайском объекте. В результате на длительный срок будут стабилизированы объемы добычи комплекса полезных ископаемых (руды, уголь) в регионе, занятость трудоспособного населения, загруженность перевалочных терминалов Дудинского порта на р. Енисей и морских перевозок по трассе Дудинка – Мурманск Северного Морского пути. Поставка коксующихся углей может быть ориентирована в Европейскую часть России, на экспорт, на мировые Европейский и Азиатский рынки угля. Кроме того, создание резервной сырьевой базы углей для коксования в Норильском районе позволит частично компенсировать сокращение ресурсов коксующихся углей в традиционных районах их добычи (Кузбассе, Печорском бассейне и др.). *Ожидаемая добыча может составить несколько млн т/год.*

Зырянский угольный бассейн расположен в северо-восточной части Якутии, в междуречье среднего течения рек Индигирка и Колыма. Протяженность – до 500 км в СЗ направлении, ширина – до 170 до км, общая площадь – около 7,5 тыс. км². Нижнемеловые угленосные отложения (3 свиты) заполняют пять изолированных наложенных впадин.

В состав бассейна входят разобщенные угленосные районы: Зыряно-Силапский (с месторождениями Эрозионное, Буор-Кемюсское, Харангское); Мятисский (Краснореченское), Индигирско-Селенныхский и Момский (Тихонское).

Угленосные отложения зырянской серии нижнемелового возраста слагают крупные пологие брахисинклинали. Угленосные отложения суммарной мощностью более

5000 м содержат до 80 угольных пластов и прослоев мощностью более 0,6 м. Угли каменные, марочный состав изменяется от Б, Д в Индигирско-Селенняхском районе, до Ж и К в Зыряно-Сияльском.

Основные показатели качества угля: общая влага (W_t^r) – 9 %, зольность (A^d) – 14 % средняя массовая доля серы (S_t^d) – 0,4 %, высшая теплота сгорания (Q_s^{daf}) – 31,4 МДж/кг, низшая теплота сгорания в пересчете на рабочее топливо (Q_i^r) – 23,26 МДж/кг.

Геологически бассейн изучен слабо. Разведанные запасы угля составляют по категории А+В+С₁ – 160,8 млн т, С₂ – 53,1 млн т, а прогнозные ресурсы оцениваются в 8,6 млрд т. Общие балансовые запасы угля, пригодные для открытой разработки в бассейне, составляют около 130 млн т.

Наиболее изучены в бассейне угольные месторождения центральной части Зыряно-Сияльского района. На территории распространения отложений сияльской свиты расположено Харангское месторождение, а буоркемюсской свиты – Эрозионное, Буор-Кемюсское, Сибик-2 и Надеждинское, а также отдельные перспективные площади (рис. 6).

Сияльская свита имеет 56 пластов и пропластков угля мощностью от 0,1 до 13,6 м. Из них к группе весьма тонких относят 12, тонких – 23, средней мощности (1,3-3,5) – 12, мощных (3,5-15) – 9. Строение пластов чаще всего простое, реже – относительно сложное. По мощности и строению они выдержанные, реже – относительно выдержанные. Коэффициент общей угленосности отложений – 7,2 %.

Буоркемюсская свита. Установлен 91 пласт угля. Мощность – 0,1-14,2 м. Коэффициент общей угленосности свиты – 8,2 %. По мощности пласты распределяются следующим образом: весьма тонкие – 21, тонкие – 28, средней мощности – 32 и мощные – 10.

Строение пластов сложное, реже – простое. Практическое значение могут иметь мощные и средней мощности угольные пласты сияльской и буоркемюсской свит при условии их неглубокого залегания и пригодности для открытого способа добычи. Качество углей района приведено в табл. 6. Угли среднеобогатимые – выход концентрата составляет 70 % с удельным весом 1,4 г/см³, с зольностью 6 %. Выход смолы полукоксувания на сухой уголь – в среднем 9,5 %. Пластометрические параметры указывают на способность углей спекаться и давать крепкий металлургический кокс в смеси с отошающими добавками. Все коксующиеся угли размещены в Зыряно-Сияльском районе. Их петрографические типы показаны на рис. 7.

Прогнозные ресурсы категории Р₁, подсчитанные до глубины 300 м по пластам угля мощностью 1 м и более, в Зыряно-Сияльском районе составляют около 4,0 млрд т,

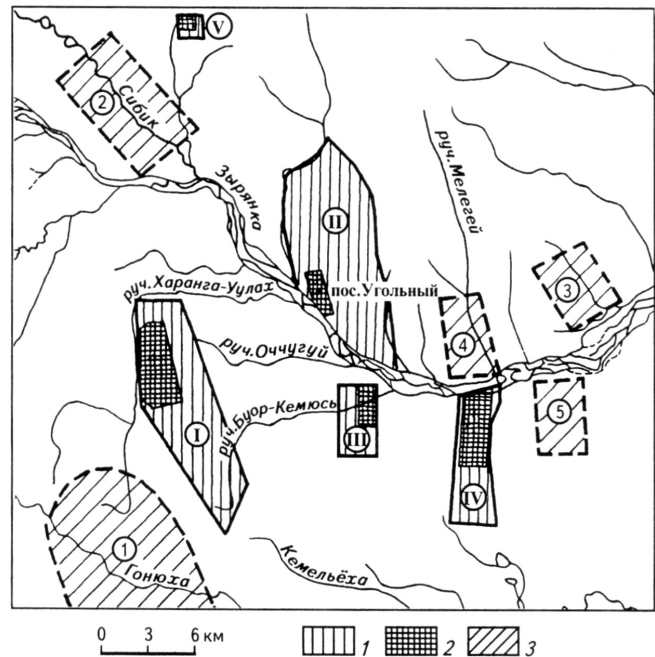


Рис. 6. Схема месторождений и участков Зыряно-Сияльского района. 1 – месторождение: I – Харангское, II – Эрозионное, III – Буоркемюсское, IV – Надеждинское, V – Сибик-2; 2 – разведанные площади месторождений; 3 – перспективные участки для постановки поисковых работ: 1 – Гонюхинский, 2 – Сибик, 3 – Комариный, 4 – Мелегей, 5 – Надеждинский-Восточный.

из них на долю коксующихся углей приходится 2,6 млрд т. Ресурсы углей, пригодных для открытой разработки в вечной мерзлоте, насчитывают 0,8 млрд т, коксующихся углей из них около половины.

Эрозионное месторождение расположено на левом берегу руч. Харанга-Уулах, левого притока р. Зырянка, в 2 км от пос. Угольный, от которого оно отделено р. Зырянка. Месторождение разрабатывалось подземным способом, а затем открытым. В границах поля разреза Зырянский падение пластов угля моноклинальное, на запад.

Угленосность месторождения приурочена к нижней части буоркемюсской свиты. На месторождении пять основных пластов угля рабочей мощности. Они сопоставляются с принятой для всего угленосного района индексацией (снизу вверх): Великан (№13); Мощный (18), Толстый (22) и Грязный (32). Наиболее мощным является пласт Толстый (от 7,5 до 10,7 м). Пласты Великан, Мощный и Грязный, достигая на отдельных участках 6-8 м, в среднем имеют мощность 4,5-4,7 м. Строение пластов Грязный и Толстый сложное, остальных простое. По площади распространения они чаще всего выдержанные.

Свита	Марка угля	W_t^r	A^d	V^{daf}	Q_s^{daf}	Q_i^r	$S_t^d, \%$	C^{daf}	H^{daf}	R_o
		%			МДж/кг			%		
Буоркемюсская	Ж, Г, ГЖО, К	7,6-9,4	6,7-45,0	28,8-45,6	29,7-34,5	19,7-33,5	0,1-0,5	72,6-92,0	4,4-6,4	0,95-1,12
Сияльская	Т, ТС	11,2-14,2	2,2-24,5	10,7-23,0	31,2-37,0	18,2-32,0	0,1-0,5	78,1-93,2	3,0-4,5	1,47-1,86
Ожогинская	Т, А	12,7	8,6-45,0	10,5-12,4	32,9-33,8	17,1-27,9	0,4-1,9	83,7-92,3	3,0-3,7	5,54

Табл. 6. Основные показатели качества углей Зыряно-Сияльского района

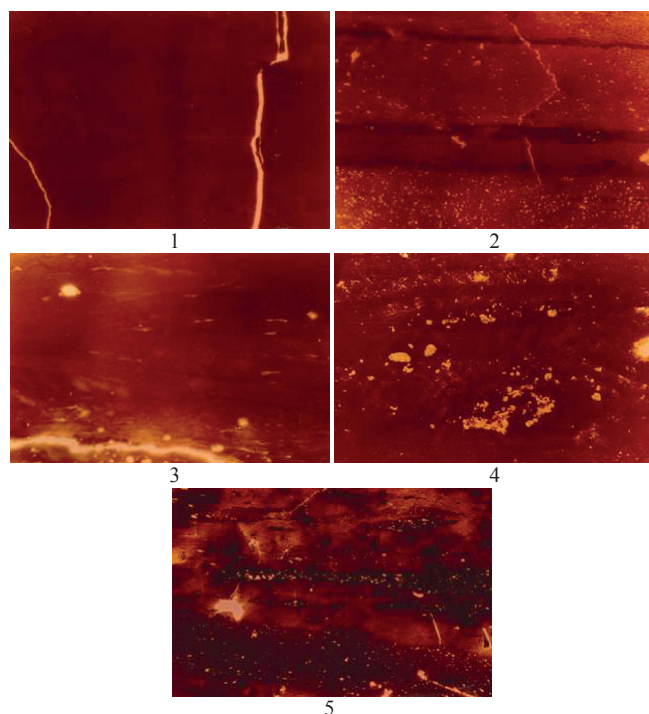


Рис. 7. Типы углей Зырянского бассейна (марка Ж) (Вялов и др., 2006). 1 – Ультрагелит, состоящий из: паренхинита и паренхо-аттрита. $\times 150$. Пласт Толстый; 2 – Ультрагелит, состоящий из: ксилинита, β - и Δ -витринита. $\times 80$. Пласт Мощный; 3 – Липоидо-гелит. $\times 250$. Пласт Толстый; 4 – Липоидо-гелит. $\times 80$. Пласт Грязный; 5 – Фюзинито-гелит. $\times 80$. Пласт Мощный.

Преобладают полублестящие неясно-штриховатые, неясно-полосчатые и полуматовые угли. Средний мацеральный состав углей (в %): витринит – 65-80, инертинит – 35-20, липтинит – менее 1. Среди минеральных компонентов преимущественным распространением пользуются кремнистые и карбонатные минералы, гораздо реже – глинистое вещество.

Угли месторождения мало-, средне-зольные ($A^d = 11-16\%$), малосернистые (0,23-0,33%), теплота сгорания низшая – 25,8-27,2 МДж/кг, высшая – 34,6-35,5 МДж/кг. Выход летучих веществ изменяется от 27,3 до 33,7%, закономерно уменьшаясь с глубиной. Элементный состав углей (в %): $C^{daf} = 82,2-85,5$; $H^{daf} = 4,8-5,3$; $N^{daf} = 9,2-12,5$ (в среднем по пластам). Угли спекающиеся. Толщина пластического слоя в среднем по пластам изменяется от 17 до 22 мм. Зона окисленных углей – до 30-50 м от поверхности. Основные компоненты золы углей (в %): $SiO_2 = 43,5-54,6$ и $Al_2O_3 = 19,2-21,8$. $CaO = 4-7,3$; $MgO = 1,1-2,3$; $Fe_2O_3 = 3,3-13,1$; $Na_2O = 0,6-1,78$; $K_2O = 0,39-0,77$. Содержание фосфора в углях основных пластов (по данным АО «ВУХИН») – от 0,01 до 0,09%. Температура плавления золы угля (в °C): $t_1 = 1247$, $t_2 = 1274$, $t_3 = 1297$.

По генетическим и технологическим параметрам ГОСТ 25543-2013 угли пластов 32, 22, 18 соответствуют марке Ж, группе 2Ж; угли пласта 13 отнесены к марке К, группе 1К, подгруппе 1КВ.

Надеждинское месторождение расположено на правом берегу р. Зырянка, в 12 км от пос. Угольный. Месторождение расположено на северо-восточном крыле Гонюхо-Силапской впадины в висячем крыле надвига Встречного. Тектоника месторождения простая. Моноклиналь имеет падение пород в северной части на северо-запад под углами 5-10°, а на юге – на запад под углами 25-30°. Наиболее нарушена северная половина месторождения, прилегающая к надвику Восточному. Всего установлено 5 взбросов с амплитудой от 5 до 30 м. Отложения нижней части буоркемюсской свиты угленосны. Средняя мощность пластов 13, 18 и 22 – 1,0-6,6 м. Мощность залегающего выше пласта 32 – 4,0-12,8 м, пласт сложного строения, выдержанный. На юге месторождения все угольные пласты выклиниваются.

Угли гумусовые. Макроскопически блестящие и полублестящие, полосчатые, составляют 60-70% угольной массы пластов. Полуматовые угли слагают 20-30%. В мацеральном составе (в %) углей (в среднем по пластам) витринита 66-74, семивитринита 2-4, инертинита 20-26, липтинита 1-3. В составе минеральных примесей основную роль играет глинистое вещество (12-15%, в крайних значениях до 33) и карбонаты (до 8), редко встречается кварц и сульфиды. Основные параметры качества углей в среднем по пластам описываемого месторождения приведены в табл. 7.

Угли среднезольные ($A^d = 11-14\%$). Химический состав золы (в %): $SiO_2 = 46,3-58,0$; $Al_2O_3 = 18-23$; $CaO = 5,5-12,0$; $MgO = 2,5-3,5$; $Fe_2O_3 = 10,1-12,1$; $Na_2O = 0,9-1,1$; $K_2O = 1,1-1,6$; $TiO_2 = 0,7-1,1$; $SO_3 = 3,0-4,0$; $P_2O_5 = 0,4$. Значение t_1 в среднем по пластам изменяется от 1275 до 1330 °C, t_2 – от 1300 до 1390, t_3 – от 1320 до 1390.

Угли марки Ж, группы 1Ж.

В угленосной толще установлены многочисленные залежи свободного газа. Основной компонент – метан, от 40 до 90% в интервале глубин 90-220 м. Остаточная метаносность угля в этом интервале варьирует от 0,5-1,9 м³/т сухой беззольной массы – в зоне газового выветривания, до 4,8-10,2 – в зоне метановых газов.

Запасы угля месторождения, пригодные для открытой разработки на Надеждинском разрезе, составляют по категории В – 5608 тыс. т, C_1 – 14343 тыс. т и C_2 – 23607 тыс. т.

Низкая зольность большинства рабочих пластов, практическое отсутствие серы, высокая способность к спеканию, высокая теплота сгорания делают угли Зырянского бассейна потенциально ценным сырьем для металлургической промышленности и энергетики. Зырянский бассейн имеет значительную мощность (до 11,5 м) угольных

Пласт	W^{daf}_{max}	W^a	A^d	V^{daf}	Q_s^{daf}		S_t^d	C^{daf}	H^{daf}	$y, мм$	R_o	ΣOK
					Q_s^{daf}	Q_t^r						
					МДж/кг							
32	7,0	0,5	11,9	34,0	34,57	27,27	0,15	84,6	5,2	16	0,95	21,8
22	6,6	0,5	13,5	33,2	34,2	26,58	0,20	85,2	5,2	16	0,96	32,2
18	6,5	0,6	13,2	31,5	34,0	26,08	0,20	85,4	5,3	15	0,95	20,8
13	5,5	0,4	14,6	30,8	34,72	28,11	0,20	86,4	5,5	15	0,98	28,2

Табл. 7. Качество (в %) углей Надеждинского месторождения

пластов, залегание их на большей части площади района пологое, слабо нарушенное дизъюнктивной тектоникой. Крупные запасы для открытой разработки, большие прогнозные ресурсы, уникальное качество углей делают бассейн наиболее перспективным для освоения на Северо-Востоке России. Угли Зырянского бассейна, наряду с углями Южно-Якутского бассейна, являются наиболее ценными в Дальневосточном федеральном округе РФ. Однако геологическое изучение и освоение бассейна сдерживается его расположением в труднодоступном неосвоенном районе, удаленностью от возможных потребителей и отсутствием надежного транспортного сообщения. Не исключена возможность транспортировки коксующихся углей Зыряно-Силяпского района по р. Колыма на север (Арктическое побережье) и далее в порты России и на экспорт – качественные характеристики угля позволяют осуществлять поставки даже на экспорт в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Разработка участка Надеждинский месторождения каменного угля в Верхнеколымском районе Республики Саха (Якутия) (около 200 тыс. т/год) имеет важное социальное значение для Северной группы районов Республики Саха (Якутия) и для ближайших северных регионов (Чукотский АО, Магаданская область, Красноярский край). Продукция – уголь каменный марки Ж, рядовой крупностью кусков угля 0-300, ЖР, ГОСТ 30313-95, ТУ 0325-047-81736295-2009. Добыча угля ведется открытым способом. Перевозка угля потребителям осуществляется как наземными, так и водными транспортными средствами, в навигационный период по р. Колыма. Добываемые угли марки Ж используются как энергетическое топливо в промышленных котельных и бытовых печах.

Дальнейшее освоение Зырянского угольного бассейна Республики Саха (Якутия) и развитие его транспортных и портовых инфраструктур следует рассматривать как перспективное направление, способствующее активизации перевозок по Северному морскому пути и освоению Арктических территорий, созданию сырьевого потенциала по гарантированному обеспечению котельным топливом и угольным концентратом в деле потребности регионов. Чтобы увеличить поставки каменного угля в другие Северные районы Республики Саха (Якутия), в Северные регионы России и выйти на экспорт в страны Европы и АТР, необходимо создать благоприятные транспортные условия по существенному увеличению пропускной способности и объемов перевозок каменного угля Зырянского угольного разреза по р. Колыма, с выходом на Северный морской путь. Объемы добычи могут быть увеличены до 2-4 млн т в год. ЗАО «УК Колмарпроект» в 2010 г. составлен перечень необходимых инвестиций развитие транспортной инфраструктуры Колымского региона (<http://www.nrbf2012.com/files/Transport/Transport-Berlin-Kolmarproject.pdf>).

Беринговский бассейн расположен в юго-восточной части Берингового полуострова на территории Анадырского района Чукотского АО. В состав бассейна входят угленосные районы Бухты Угольной, Алякватваамский и Амаамский; углепроявления лагуны Аринай, лагуны Забытой, Губы Гавриила и реки Песчаной (рис. 8).

В структурном плане Беринговский бассейн приурочен к одноименному прогибу размерами около 100×100 км (Корякская кайнозойская складчатая система). В геологическом строении прогиба участвует мощный (9-15 км) комплекс терригенных и вулканогенных морских, лагуновых и континентальных образований мезозоя и кайнозоя с возрастным диапазоном от поздней юры до эоцена включительно (Фандюшкин, 2016). Угленосные районы, в основном, приурочены к брахиклиинальным структурам, заполненным верхнемеловыми (барыковская, корякская и гангутская свиты) и палеогеновыми отложениям (чукотская свита). Большинство структур расположено в прибрежной части Берингова моря.

На территории Беринговского бассейна имеются четыре населенных пункта: поселок городского типа Беринговский, имеющий аэропорт, морской порт, закрытую шахту «Нагорная», административные учреждения; три национальных села (Хатырка, Мейныпыльгино и Алякватваам). В близости от села Алякватваам ведется разработка месторождения каменного угля марки Ж Фандюшкинское поле открытым способом. Проектная производственная мощность месторождения составляет 750 тыс. тонн в год, запасы по категориям А+В+С₁+С₂ – 10390 тыс. тонн для добычи открытым способом до глубины 300 м.

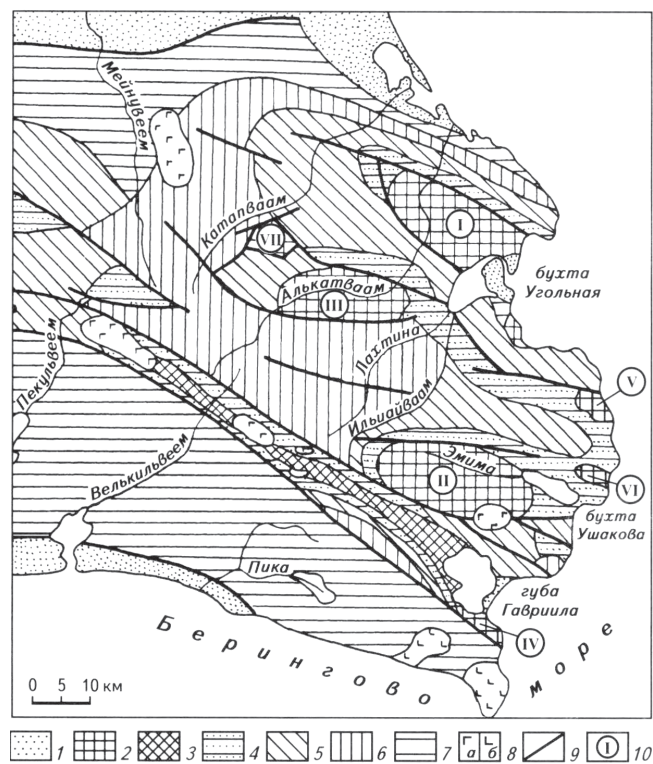


Рис. 8. Схематическая геологическая карта Беринговского бассейна. 1 – четвертичные отложения; 2 – палеоцен-эоценовые угленосные отложения чукотской свиты; 3 – верхнемеловые отложения гангутской свиты; 4 – верхнемеловые отложения слабоугленосной корякской свиты; 5 – верхнемеловые отложения барыковской свиты; 6 – нижне-верхнемеловые отложения гинтеровской свиты; 7 – нижнемеловые отложения нерасчлененные; 8 – покровы базальтов: палеогеновых (а), четвертичных (б); 9 – основные разломы; 10 – основные месторождения: I – Бухта Угольная, II – Амаамское, III – Алякватваамское, IV – Губа Гавриила, V – Лагуна Забытая, VI – Лагуна Аринай, VII – Песчаное (Угольная база..., 1999).

В районе Бухты Угольной распространены угли в основном марки Г, в Алькатваамском и Амаамском районах – марок ГЖ и Ж. Общий ресурсный потенциал углей Беринговского бассейна (запасы и прогнозные ресурсы) оценивается в 1,7 млрд тонн до глубины 600 м.

Угленосный район Бухты Угольной вмещает в себя угольные пласты барыковской, коряжской и чукотской свит.

Угли барыковской свиты сосредоточены в двух пачках, включающих до 7-10 пластов мощностью до 0,4-0,5 м, лишь один пласт достигает мощности 1,1 м. Угли коряжской свиты представлены в основном пластом сложного строения Подсопочным, мощностью 1,5-3,0 м. Наиболее угленасыщена чукотская свита палеогена, состоящая из трех подсвит (нижней, средней и верхней). Нижняя подсвита имеет в своем составе один пласт сложного строения Речной, мощностью от 1,3 до 3,5 м. Средняя подсвита имеет в своем составе три пласта угля: Мощный, Двойной, Карьерный. Пласт Мощный преимущественно простого строения, мощностью от 0,1 до 3,73 м. Пласт Двойной сложного строения, невыдержанный. Его мощность колеблется от 0,05 до 3,65 м. Пласт Карьерный, сложного строения, невыдержанный. Мощность изменяется в пределах 0,1-4,0 м. Для пластов Двойной и Карьерный характерно наличие конкреций преимущественно карбонатного состава. Коэффициент рабочей угленосности средней подсвиты – 3,7 %. Верхняя подсвита обладает низкой угленосностью (коэффициент 0,3 %), состоит из трех пластов – Новый, Сомнительный (мощностью до 0,5 м), Коряжский (мощностью 1-2 м).

Угли черного цвета, преимущественно блестящие, однородные и полублестящие, линзовидно-тонкополосчатые. С призматической или плитчатой отдельностью,

угловато-ступенчатым изломом. Мацеральный состав углей (табл. 8) выдержанный, с содержанием витринита до 95 %, единично встречается альгинит. Из минеральных примесей преобладает глинистое вещество и карбонаты, реже пирит и кварц.

Угли среднесернистые, умеренно влажные, среднезольные, с высокой теплотой сгорания, повышенным содержанием летучих веществ и водорода. Толщина пластического слоя изменяется от 12 до 14 мм. Химический состав золы: тугоплавкие компоненты – 60 %, легкоплавкие – 20,9 %. Зола характеризуется пониженными значениями плавления. Угли легко и среднеобогатимые. Основные показатели качества представлены в табл. 9.

Запасы углей в районе Бухты Угольной составляют по сумме категорий А+В+С₁ – 121 млн т, С₂ – 500 млн т. Прогнозные ресурсы углей категории Р₁ месторождения – 314 млн т.

В 40 км к юго-западу от пос. Беринговского расположены месторождения спекающихся каменных углей: Алькатваамского угленосного района, а еще южнее, в районе бухты Ушакова, месторождения Амаамского угленосного района (рис. 9).

Алькатваамский угленосный район. Угленосность района приурочена к отложениям коряжской (верхняя подсвита) и чукотской (средняя подсвита) свит. На территории района находится разрабатываемое с декабря 2016 года месторождение каменных углей марки Ж – Фандюшкинское поле (рис. 10), приуроченное к коряжской свите.

Здесь выявлен мощный угольный пласт Одинокий сложного строения. Количество породных прослоев в пласте колеблется от 1-2 до 10-12. Мощность породных прослоев непостоянна и меняется от первых сантиметров до 10-15 метров. Пласт состоит из двух рабочих

Месторождение	Петрографический состав чистого угля, %					Минеральные примеси, %
	Витринит		Семивитринит	Инертинит	Липтинит	
	Коллинит	Телинит				
Бухта Угольная	84	10	2	2	2	4
Алькатваамское	86	9	1	4	0	11
Амаамское	91	6	1	1	1	7
Песчаное	62	32	2	1	3	4
Среднее	81	14	1,5	2	1,5	6

Табл. 8. Средний мацеральный состав углей Беринговского бассейна

Показатели	Поле шахты "Нагорная"	Участок "Засбросовый"	Участок "Алькатваамский"
W _t ^r	2,0-20,6 (5,1)	1,3-13,0 (4,4)	1,7-11,2 (4,3)
A ^d	2,9-29,2 (11,5)	4,0-30,0 (11,7)	4,0-28,4 (12,4)
A _{г.м.} ^d	10,4-30,0 (16,5)	10,0-30,0 (17,0)	4,6-30,0 (18,5)
V ^{daf}	33,6-56,0 (44,1)	35,8-58,5 (43,4)	34,4-57,5 (43,7)
S _t ^d	0,80-9,02 (1,70)	0,26-8,05 (1,51)	0,12-8,24 (1,54)
C ^{daf}	69,7-89,4 (81,5)	73,3-85,8 (81,6)	78,1-85,4 (81,9)
H ^{daf}	4,9-8,4 (6,1)	5,2-6,7 (6,1)	5,5-7,4 (6,2)
Q _s ^{daf} , МДж/кг	30,2-38,2 (34,4)	27,6-36,8 (34,2)	29,4-37,0 (34,2)
Q _t ^r , МДж/кг	28,9-36,4 (32,8)	27,7-34,7 (32,7)	29,72-35,87 (31,9)
Y, мм	3-25 (12)	6-18 (12)	7-21 (13)
RJ, ед.	18-80 (42)	-	2-91 (62)
R _o	0,66-0,73 (0,68)	0,68-0,69 (0,68)	0,69-0,72 (0,69)
ΣOK	8	4	9
Технологическая группа по ГОСТу 25543-2013	1Г	1Г	2Г

Табл. 9. Качественные показатели (в %) углей месторождения Бухты Угольной. Даны значения от-до, в скобках – средние значения.

пачек – нижней и верхней. Мощность нижней пачки составляет 7,5-10 м, она характеризуется наличием большого количества породных прослоев и выклинивается в юго-западном направлении до потери рабочей мощности. Верхняя пачка характеризуется более выдержанным строением, качеством и мощностью 3-6 метров, с наличием единичных маломощных породных прослоев (до 0,5 м). В верхней и нижней пачках отмечена частая

мелкоамплитудная тектоническая нарушенность, прослеженная до глубины 20-30 метров. В крайней юго-западной части фланга месторождения пласт Одинокый выклинивается и теряет рабочую мощность. Утвержденные Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых первоочередные запасы составляют 10,4 млн тонн, из них доли категории В – 8 %, C_1 – 50 % и C_2 – 42 %. Проектом разработки месторождения предусмотрено ежегодно добывать по 750 тыс. тонн угля. Кроме этого месторождения и его флангов, угленосность корякской свиты в Алькатваамском районе не выявлена. При подтверждении угленосности этой свиты на остальной площади района она будет являться объектом поисков.

Среднечукотская свита является основной угленосной свитой Алькатваамского района. Угольные пласты с промышленными характеристиками обнаружены по всей площади распространения. Угли характеризуются высокими содержаниями серы и пригодны, главным образом, для сжигания. Максимальная угленосность разреза составляет 13 угольных пластов (участок Поворотный), в среднем – 5 угольных пластов мощностью от 0,5 до 5 метров. Пласты в разрезе среднечукотской подсвиты залегают через 10-50 метров. Макроскопически угли Алькатваамского района черного цвета, преимущественно блестящие и полублестящие, имеют неотчетливо-штриховатую структуру, призматическую отдельность. Угли корякской свиты марки Ж, среднечукотской подсвиты – марки ГЖ. Особенность углей среднечукотской свиты – высокое содержание мацералов группы витринита (92-96 %) и соответственно незначительное содержание инертинита (2-4 %). Для углей корякской свиты содержание витринита – 50-60 %, а инертинита – до 30 %. Основные качественные характеристики приведены в табл. 10.

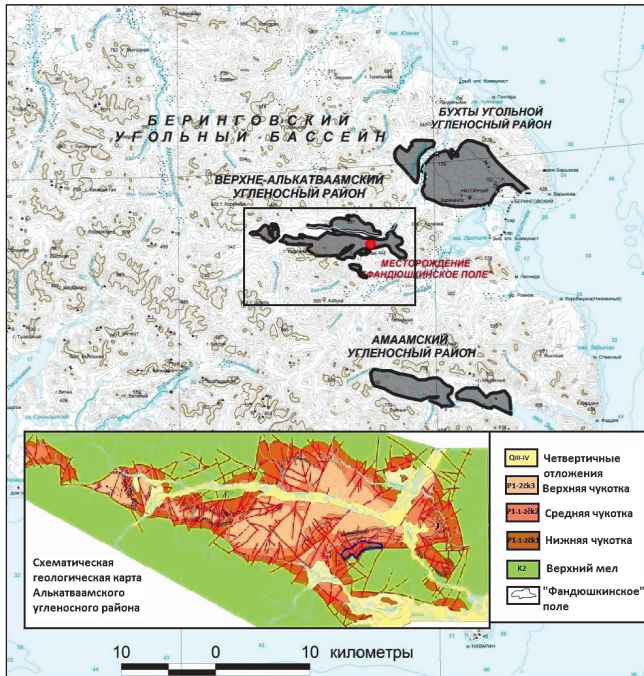


Рис. 9. Основные угленосные районы Беринговского каменноугольного бассейна. Схематическая геологическая карта Алькатваамского угленосного района.

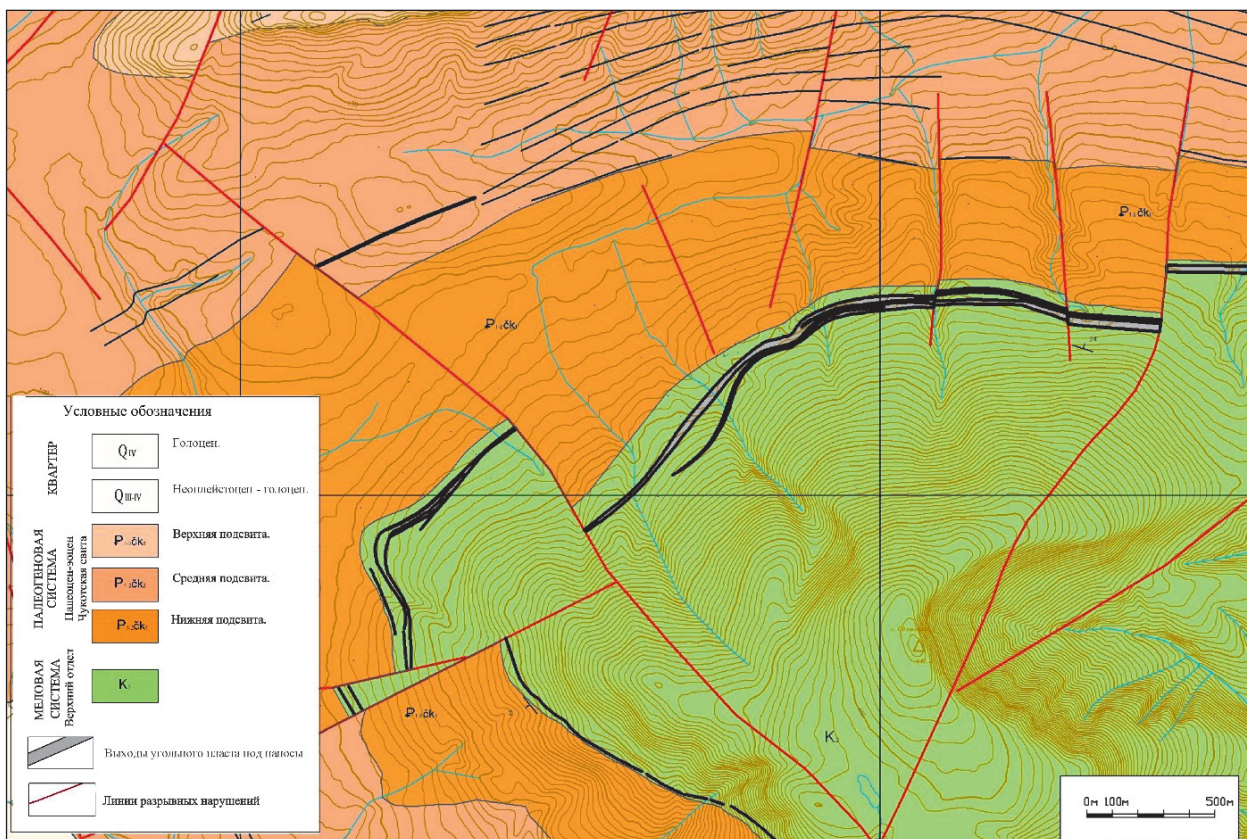


Рис. 10. Схематическая геологическая карта месторождения «Фандюшкинское поле и его флангов»

Показатели	Положение в разрезе	
	среднечукотская подсвита	верхнекорякская подсвита
$W^a, \%$	1,2	1,0
$W_{max}, \%$	1,8	1,8
$A^d, \%$	12,5	21,1
$V^{daf}, \%$	39,6	30,0
Q_s^{daf} МДж/кг	35,45	34,9
Q_{ir} МДж/кг	27,16	28,5
$St^d, \%$	2,7	0,39
$P^d, \%$	0,06	0,06
x, мм	37	29
y, мм	25	14
$R_o, \%$	0,76	1,02
Марка угля	ГЖ	Ж
Витринит, Vt%	92,0	55,5
Семивитринит, Sv%	2,0	16,0
Инертинит, I%	4,8	28,1
Липтинит, L%	1,2	0,34
Минеральные примеси, Ml%	7,5	5,3
$C^{daf}, \%$	86,5	86,6
$H^{daf}, \%$	5,4	5,2
$N^{daf}, \%$	0,96	0,9
$O^{daf}, \%$	6,8	7,0
$Sorg^{daf}, \%$	0,42	0,42

Табл. 10. Качество углей Аляктаваамского угленосного района Беринговского каменноугольного бассейна

Ресурсы углей до глубины 300 м (для открытой угледобычи) Аляктаваамского месторождения составляют 870 млн т ($P_1 - 90$, $P_2 - 180$ и $P_3 - 600$ млн т), в т. ч. для открытой разработки с благоприятными горно-геологическими условиями – 140 млн т ($P_1 - 90$, $P_2 - 50$ млн т).

Амаамский угленосный район. Угленосность Амаамского месторождения приурочена к корякской свите верхнемелового возраста и чукотской свите палеогена (рис. 11).

Корякская свита вмещает в себя горизонт Подгравелитовый, в котором залегают два угольных пласта – Спутник (0,5-0,6 м) и Подгравелитовый (до 1,5 м). Подгравелитовый располагается выше Спутника на 30-32 м. Угленосна чукотская свита в нижней и средней части. Промышленный интерес представляют только угольные пласты средней подсвиты. Угленосная часть разреза вмещает 9-12 пластов и пропластков угля от простого до сложного строения.

По площади пласты выдержанные и относительно выдержанные.

Наиболее значимым для района является пласт под индексом I, расположенный в нижней части разреза. Его доля в ресурсном потенциале оценивается в 50-52 %. Средняя мощность угольных пластов составляет 1-1,5 м, для пласта I – 1,5-2 м, мощность междупластий – от 5 до 40 метров. Средний коэффициент угленосности составляет 8-10 %. Основные качественные характеристики приведены в табл. 11.

Угли ультраклареновые. Наименьшей зольностью характеризуется пласт I, наибольшей – пласт II. Основными компонентами золы являются кремнезем (45,5-55,2 %) и глинозем (25,8-31,3 %). По отношению $SiO_2/Al_2O_3 \approx 1,8$ (1,16-2,50) золы угля месторождения глинозёмные. $K_2O/Na_2O \approx 1,5$ (0,58-4,04). Зола углей средне- и тугоплавкая. Угли всех пластов Амаамского угленосного района хорошо спекаются: значения индекса спекаемости (G) – 93-100. Согласно ГОСТ 10100-89, угли месторождения труднообогатимые.

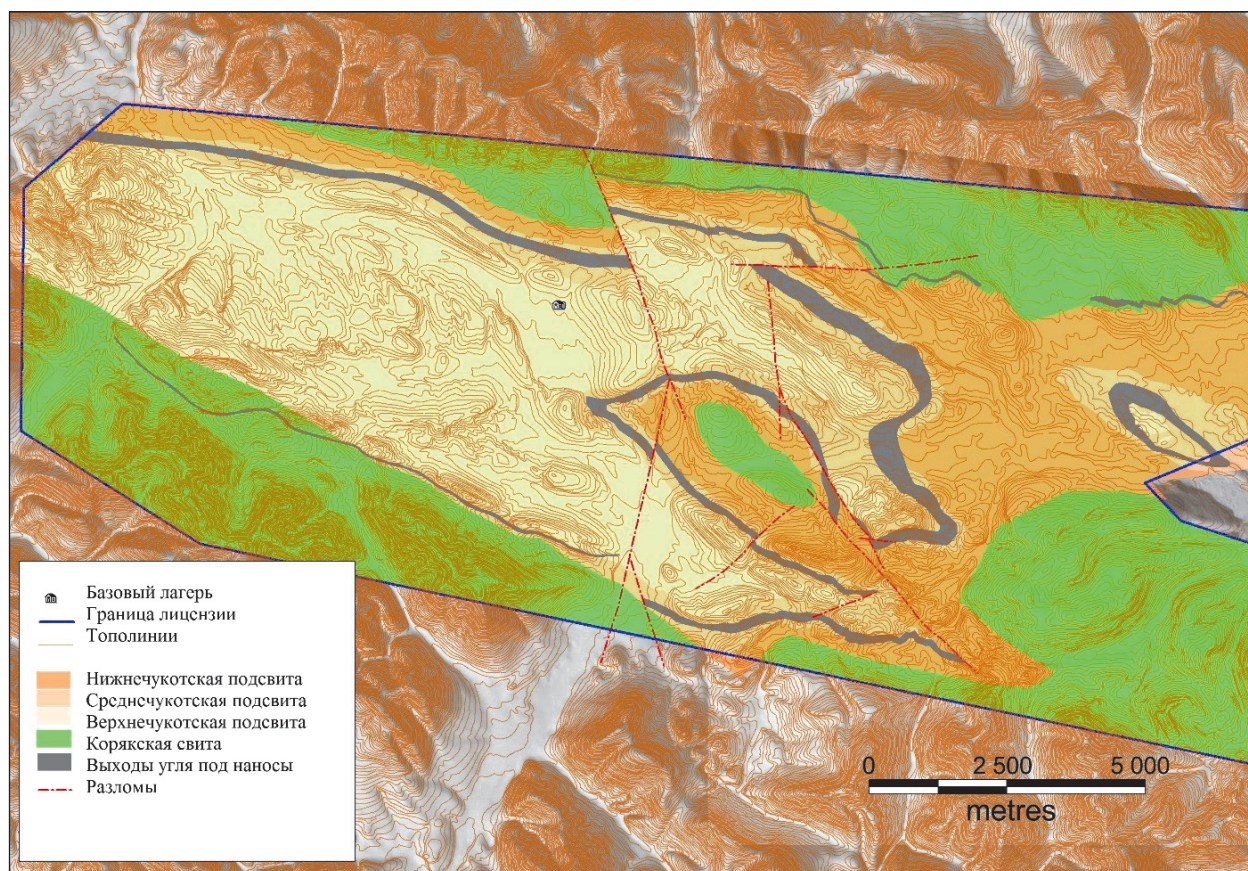


Рис. 11. Схематическая геологическая карта Амаамского угленосного района

Показатели	от	до
$W^a, \%$	0,55	0,66
$V^{daf}, \%$	31	33
Q_s^{daf} МДж/кг	36,02	36,2
Q_r МДж/кг	25	26
$St^d, \%$	0,52	0,94
$P^d, \%$	0,12	0,23
x, мм	19,4	24,2
y, мм	19	22
$Ro, \%$	0,98	1,07
Марка угля	Ж	
$C^{daf}, \%$	85,3	87,1
$H^{daf}, \%$	5,57	5,87
$N^{daf} + O^{daf}, \%$	5,8	7,3
$Sorg^{daf}, \%$	0,57	1,7

Табл. 11. Качество углей Амаамского угленосного района Беринговского каменноугольного бассейна

На достигнутой стадии геологической изученности по перспективным участкам подсчитаны запасы угля категорий C_1+C_2 в количестве 29,56 млн т, прогнозные ресурсы категории $P_1 - 105,62$; $P_2+P_3 - 83,64$ млн т. Без учёта понижающих коэффициентов прогнозные ресурсы угля оцениваются в количестве по категориям: $P_1 - 137$; $P_2 - 75$; $P_3 - 60$ млн т. Всего $P_1+P_2+P_3 - 270$ млн т.

Углепроявления *Песчаное, Губы Гавриила, лагуны Аринай, лагуны Забытой* изучены слабо. Угленосность месторождения *Песчаное* относится к среднечукотской подсвете. Угли с содержанием золы – 3-5 %, высшей теплотой сгорания – 29,2-30,0 МДж/кг, марки Д.

Месторождение Губы Гавриила расположено на береговых склонах бухты Грейга и в бассейне р. Выругна, впадающей в лагуну Ореанду на крайнем юго-востоке бассейна и непосредственно примыкает к берегу моря. Угленосность приурочена к среднечукотской подсвете. Известно два угольных пласта: нижний мощностью 0,5-0,6 и верхний мощностью 1,5-2 м. Зольность углей по единичным пробам – 13,9 %, выход летучих веществ – 33-34, серы – до 0,6, фосфора – до 0,003, углерода – 78-80, водорода – 5,1 %. Марка углей, предположительно, КЖ.

Месторождение лагуны Аринай расположено севернее месторождения Губы Гавриила, вблизи морского побережья. Угленосность приурочена к средней подсвете Чукотской свиты. Установлено три пласта угля мощностью 0,4-2,0 м сложного строения. Месторождение лагуны Забытой расположено вблизи мыса Отвесного. В средней подсвете чукотской свиты известен один пласт угля сложного строения. Все углепроявления характеризуются интенсивной нарушенностью и сложным строением. Сложная транспортная доступность делает эти участки малоперспективными для изучения.

Каменные угли Беринговского бассейна имеют крупный ресурсный потенциал – около 2 млрд т. Они выгодно отличаются по своему качеству, имеют малую, реже, среднюю зольность (зольность добываемых на разрезе Фандюшкинское поле углей – 8-12 %), низкую сернистость, являются в основном легко или средне-обогатимыми, обладают хорошими спекающими свойствами (средние значения толщины спекающего слоя «у» месторождения Бухты Угольной составляют 12-14 мм, на

Амаамском месторождении – до 24 мм), содержание битумов в углях достигает 6,3-20,2 % (Угольная база..., 1999).

Все это указывает на возможность интенсивного промышленного развития угольного бассейна с учетом их расположения, и, соответственно, необходимость дальнейшего проведения геолого-разведочных работ по слабо изученным месторождениям для оценки их ресурсов и подготовки к лицензированию. Угли могут идти в энергодефицитные районы Дальневосточного ФО и на экспорт дешевым морским транспортом (по типу экспорта из Австралии). Отметим, что угли Беринговского бассейна могут быть использованы в качестве сырья для получения жидкого топлива, фенолов и других продуктов химической промышленности (Угольная база..., 1999).

Таким образом, в Арктическом регионе России имеется крупнейшая база коксующихся углей ценных марок, требующая дальнейшего изучения и более активного освоения, в рамках общей стратегии освоения топливно-энергетических ресурсов недр Российского Севера.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-17-00004).

Литература

- Вялов В.И., Волкова И.Б., Волкова Г.М. и др. (2006). Петрологический атлас ископаемого органического вещества России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 604 с.
- Голицын М.В., Голицын А.М., Андросов Б.Н., Шнырев Л.Н., Соловьев Д. Г. (1992). Угли Западной Сибири. *Изв. вузов. Геология и разведка*, 2, с. 75-83.
- Додин Д.А., Евдокимов А.Н., Каминский В.Д. и др. (2007). Минерально-сырьевые ресурсы Российской Арктики (состояние, перспективы, направления исследований). СПб.: Наука, 767 с.
- Звонарев И.Н. (1982). Обь-Енисейская угленосная площадь. Геология СССР. Т. XIV. Западная Сибирь. *Полезные ископаемые*. Кн. 1. М.: Недра, с. 82-89.
- Угольная база России (1999). Т. V. Кн. 2. М.: Геоинформмарк, 638 с.
- Фандюшкин Г.А. (2016). Метаморфизм углей Беринговского каменноугольного бассейна. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*, 4, с. 37-41.
- Юзвичий А.З., Фомичев А.С., Бостриков О.И. (2000). Западно-Сибирский угленосный бассейн. *Отечественная геология*, с. 25-33.

Сведения об авторах

Владимир Ильич Вялов – доктор геол.-мин. наук, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), профессор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессор Южного федерального университета

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

Александр Борисович Гуревич – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

Галина Михайловна Волкова – заведующая лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

Дарья Александровна Скиба – аспирант, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

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

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

E-mail: Evgeny_Shishov@vsegei.ru

Артем Артурович Чернышев – научный сотрудник отдела геологии горючих полезных ископаемых, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74

Статья поступила в редакцию 18.04.2019;

Принята к публикации 06.08.2019;

Опубликована 01.09.2019

IN ENGLISH

Coking coals of the Arctic zone of Russia

V.I. Vyalov^{1,2,3}, A.B. Gurevich³, G.M. Volkova³, D.A. Skiba³, E.P. Shishov^{3*}, A.A. Chernyshev³

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²South Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

³Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russian Federation

*Corresponding author: Evgeny P. Shishov, e-mail: e-shishov@mail.ru

Abstract. Rational and cost-effective development of the richest hydrocarbon resources of the Arctic region of Russia is impossible without the resumption of solid fuel production. On the Arctic coast of Russia there is the largest base of coking coals of valuable ranks, which requires the study and active development in the framework of the overall strategy of development of fuel and energy resources of the Russian North and, in general, the fuel and energy complex of the country. The most valuable in quality and properties deposits and basins of coking coals of the Arctic zone of Russia are considered. Among them are the Taimyr, Tunguska, Zyryanka and Bering basins. The features of coal-bearing, matter-petrographic composition and quality, the basic properties of coal of basins and promising fields, their resource and geological characteristics are given. Recommendations for their further study are given, the prospects of their development and transportation of coal along the Northern Passage are discussed.

Keywords: coal, coal deposits, the Arctic zone of Russia, coking coal, quality of coal, fossil fuels and energy resources, prognostic resources, mineral resources base

Recommended citation: Vyalov V.I., Gurevich A.B., Volkova G.M., Skiba D.A. Shishov E.P., Chernyshev A.A. (2019). Coking coals of the Arctic zone of Russia. *Georesursy = Georesources*, 21(3), pp. 107-124. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.3.107-124>

References

Coal Base of Russia. (1999). Vol.V. Book 2. Moscow: Geoinformmark, 638 p. (In Russ.)

Dodin D.A., Evdokimov A.N., Kaminsky V.D. et al. (2007). Mineralno-syreve resursy Rossiiskoi Arktiki (sostoyanie, perspektivy, napravleniya issledovaniy) [Mineral resources of the Russian Arctic (state, prospects, directions of research)]. St.Petersburg: Nauka, 767 p. (In Russ.)

Fandyushkin G.A. (2016). Beringovsky basin coals metamorphism. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Geologiya i Razvedka* [Proceedings of Higher Schools. Geology and Exploration], 4, pp. 37-41. (In Russ.)

Golitsyn M.V., Golitsyn A.M., Androsov B.N., Shnyrev L.N., Soloviev D.G. (1992). Coal of Western Siberia. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh*

Zavedeniy. Geologiya i Razvedka [Proceedings of Higher Schools. Geology and Exploration], 2, pp. 75-83. (In Russ.)

Vyalov V.I., Volkova I.B., Volkova G.M. et al. (2006). Petrologicheskii atlas iskopaemogo organicheskogo veshchestva Rossii [Petrological atlas of fossil organic matter of Russia]. St.Petersburg: VSEGEI Publ., 604 p. (In Russ.)

Yuzvitsky A.Z., Fomichev A.S., Bostrikov O.I. (2000). West Siberian coal basin. *Otechestvennaya geologiya*, pp. 25-33. (In Russ.)

Zvonarev I.N. (1982). Ob-Yenisei coal-bearing area. *Geology of the USSR. Western Siberia. Minerals*. Vol. XIV. Book 1. Moscow: Nedra, pp. 82-89. (In Russ.)

About the Authors

Vladimir I. Vyalov – DSc (Geology and Mineralogy), Chief Researcher, Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI); Professor, Lomonosov Moscow State University & South Federal University

74, Sredny ave., 199106, St. Petersburg, Russian Federation

Alexandr B. Gurevich – PhD, Chief Researcher, Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

74, Sredny ave., 199106, St. Petersburg, Russian Federation

Galina M. Volkova – Head of Laboratory, Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

74, Sredny ave., 199106, St. Petersburg, Russian Federation

Darya A. Skiba – Graduate Student, Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

74, Sredny ave., 199106, St. Petersburg, Russian Federation

Evgeny P. Shishov – Senior Researcher, Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

74, Sredny ave., 199106, St. Petersburg, Russian Federation

E-mail: Evgeny_Shishov@vsegei.ru

Artem A. Chernyshev – Researcher, Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI)

74, Sredny ave., 199106, St. Petersburg, Russian Federation

Manuscript received 18 April 2019;

Accepted 06 August 2019;

Published 1 September 2019