

Геология и угленосность Российской Арктики в связи с перспективами развития региона

*Н.В. Пронина**, *Е.Ю. Макарова*, *А.Х. Богомолов*, *Д.В. Митронов*, *Е.В. Кузеванова*
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Разведочные работы на уголь, проводимые в разные годы, отличаются высокой детальностью. В связи с этим угольные бассейны и месторождения, расположенные вдоль Арктического побережья, могут стать источником ценной геологической информации для малоисследованных шельфовых областей при поисках и геолого-разведочных работах на нефть и газ, при реконструкции фациальных обстановок и термобарических условий недр. В статье обобщены сведения по геологическому строению угленосных отложений Арктики, качеству углей, основным сопутствующим полезным ископаемым и приведены особенности тектонических условий, сопровождавших процесс углеобразования.

Сами по себе угольные бассейны региона являются не только поставщиком энергетического угля, но содержат ресурсы коксующихся углей (Печорский, Тунгусский, Беринговский бас.), антрацитов, термоантрацитов и графитов (Таймырский, Тунгусский бас., м. Долгожданное), угольного метана (Печорский бассейн, угленосный район арх. Шпицберген), редких и ценных элементов-примесей (бассейны и месторождения Чукотки, Ленский бассейн, угленосный района арх. Земля Франца-Иосифа). Многие угли региона пригодны для технологической переработки с целью получения современных материалов (напр. сорбенты, синтетические графиты и др.).

Ключевые слова: уголь Арктики, стратиграфическое распределение угленосных отложений, условия углеобразования, качество углей, комплексное использование углей

Для цитирования: Пронина Н.В., Макарова Е.Ю., Богомолов А.Х., Митронов Д.В., Кузеванова Е.В. (2019). Геология и угленосность Российской Арктики в связи с перспективами развития региона. *Георесурсы*, 21(2), с. 42-52 DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.42-52>

Интерес к исследованию Арктического побережья и прилегающих территорий России всегда связан с определенными этапами экономического развития страны. Так, в 30-60-е гг. прошлого века идея освоения Северного морского пути привела к строительству крупных портов в Нарьян-Маре, Игарке, Дудинке, Диксоне и Тикси. Через порты вывозились руда, уголь, рудное сырье, а также готовая продукция металлургических комбинатов Норильска и других городов Крайнего Севера. В те годы были разведаны многие угольные месторождения и бассейны, и доказано не только широкое распространение разновозрастных угленосных отложений вдоль Арктического побережья, но и выявлено многообразие углей по качеству. Проведенные по всей стране поисковые и геологоразведочные работы для расширения и уточнения сырьевой базы послужили основой для составления карт прогноза угленосности под руководством А.К. Матвеева (Обзорная карта прогноза углей СССР, 1941, 1953), что позволило планировать развитие угольной промышленности на долгие годы. При составлении карт выработаны единые подходы к изучению угленосности и качества углей различных регионов, выявлены основные закономерности, разработаны ГОСТы аналитических исследований и многое другое.

Последующие 30-40 лет характеризовались почти полным замиранием активности, оттоком населения, разрушением поселков. Лишь в настоящее время отмечается новый всплеск в освоении региона, и главной побуди-

тельной силой стала нефтегазовая отрасль. Перспективы открытия крупных месторождений нефти и газа на шельфе Арктических морей и прилегающих территорий стали базой для постановки как геологоразведочных работ, так и комплексного изучения экологии, возможностей развития новых видов транспорта, связи и пр.

В настоящее время обсуждаются вопросы о строительстве двух новых угольных портовых терминалов «Лавна» в Мурманской области и «Индига» в Ненецком АО (Коммерсантъ № 219 от 28 ноября и №220 от 29 ноября 2018 г.). Целью строительства специализированных портов является вывоз экспортируемых Россией углей не только из прилегающих бассейнов (напр. Печорского), но и из других регионов через Северный морской путь.

Одновременно планируется комплексное использование и развитие инфраструктуры региона, вовлеченного в освоение уже открытых и разведываемых месторождений нефти и газа со сложными вариантами транспортировки вырабатываемой там продукции.

В связи с этим необходимо восстановить и систематизировать сведения об угольных бассейнах и месторождениях, расположенных вдоль Арктического побережья России (рис. 1). На карте показаны месторождения, на которых была проведена предварительная или детальная разведка, посчитаны запасы и оценены прогнозные ресурсы. Однако известны еще десятки углепроявлений и малоизученных месторождений, которые после специальных работ могут расширить этот список.

В начале 2000-х годов Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ) провел большую работу по документации

* Ответственный автор: *Наталья Владимировна Пронина*
E-mail: nyproncl@geol.msu.ru

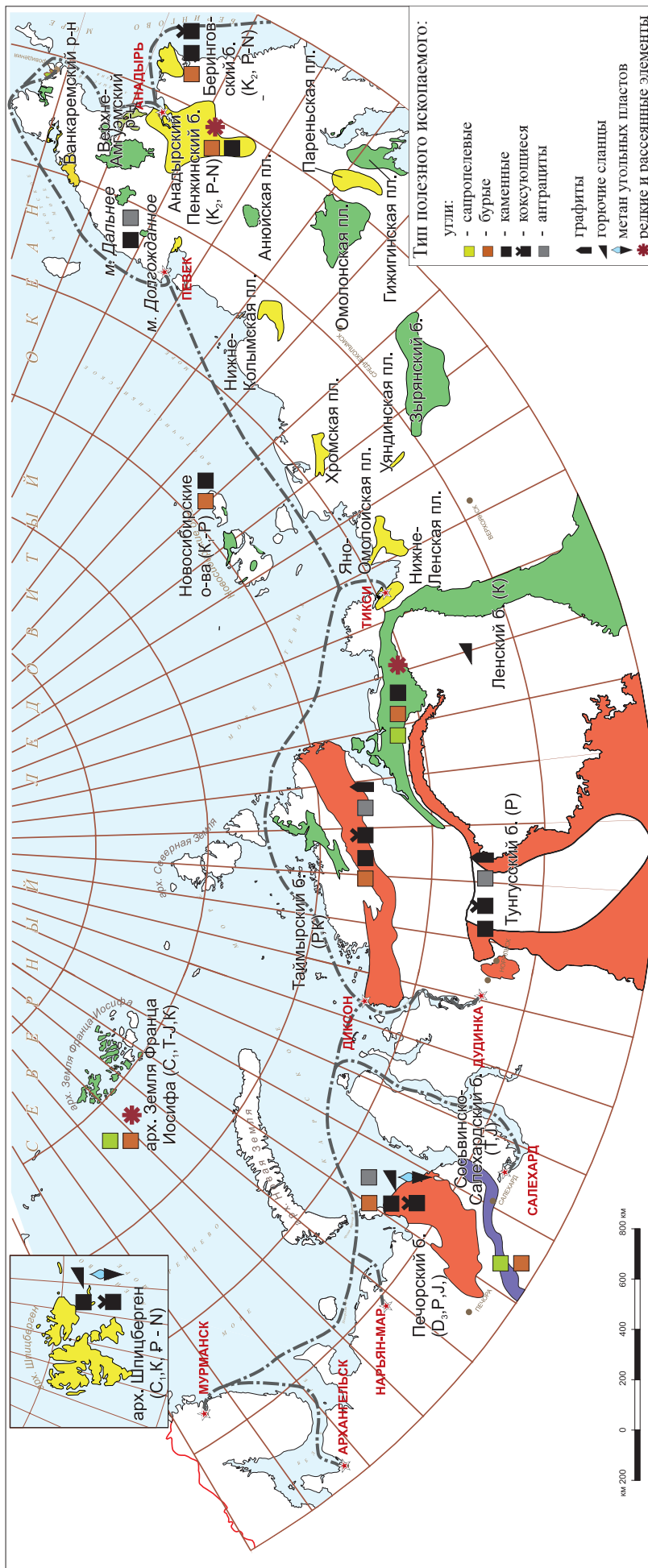


Рис. 1. Угольные бассейны и месторождения Арктической зоны России. Заливка соответствует возрасту основных угленосных отложений.

угленосности России, что отражено на карте (Карта угленосности..., 2004). В настоящий обзор вошли лишь те бассейны и месторождения, по которым имеется достоверная геологическая информация, сама по себе представляющая интерес для разносторонних геологических изысканий. Некоторые из них уже сегодня эксплуатируются, другие могут приобрести важное значение в экономике благодаря уникальным свойствам их углей.

На рис. 2 приведен возрастной диапазон описанных в настоящей работе основных месторождений и бассейнов Арктического региона, что позволяет проследить некоторые закономерности: омоложение угленосности в восточном направлении, катагенетические несогласия, сочетание в разрезе с другими видами горючих ископаемых.

Наличие углей на **Шпицбергене** известно еще с 17 в., первые попытки промышленной добычи предпринимались с начала 20 в. Общие запасы углей Шпицбергена составляют 8020 млн т, в т.ч. по возрасту отложений: каменноугольные – 1500, меловые – 1500 и третичные – 5020 млн т (Горский и др., 1972).

Раннекаменноугольные угленосные отложения расположены в северо-восточной части Ис-Фиорда (у горы Пирамида) и в районе между бухтами Класс-Биллен и Сассен-бей (гора Де-Геер). Залегание субгоризонтальное. Толща содержит 3 пласта углей сложного строения, общей мощностью 10 м. Влажность – 1,4-3,82%, выход летучих – 28-31%, зольность – 6,25-33,9%, содержание серы – 0,39-8,17%, теплота сгорания – 5415-7570 ккал/кг. Угли слабо коксуются. Геологические запасы – 1,5 млрд т. Российская шахта Пирамида, разрабатывающая эту толщу, оставалась продуктивной в течение длительного времени и была закрыта в 1998 г. После Второй Мировой Войны на ней суммарно добыто около 9 млн т угля.

Отложения триаса и юры содержат прослой богатых органическим веществом сланцев, являющихся нефтематеринскими породами, однако экономически рентабельных месторождений нефти на Шпицбергене обнаружено не было.

Большая часть угольных залежей Шпицбергена сосредоточена в Центральном Третичном бассейне (центральная часть острова Западный Шпицберген), разработка которых ведется или велась в прошлом в Лонгйире, Груманте, Нью-Олесунне, Свеагруве и Баренцбурге. Главное угольное поле расположено в южной части Ис-Фиорда:

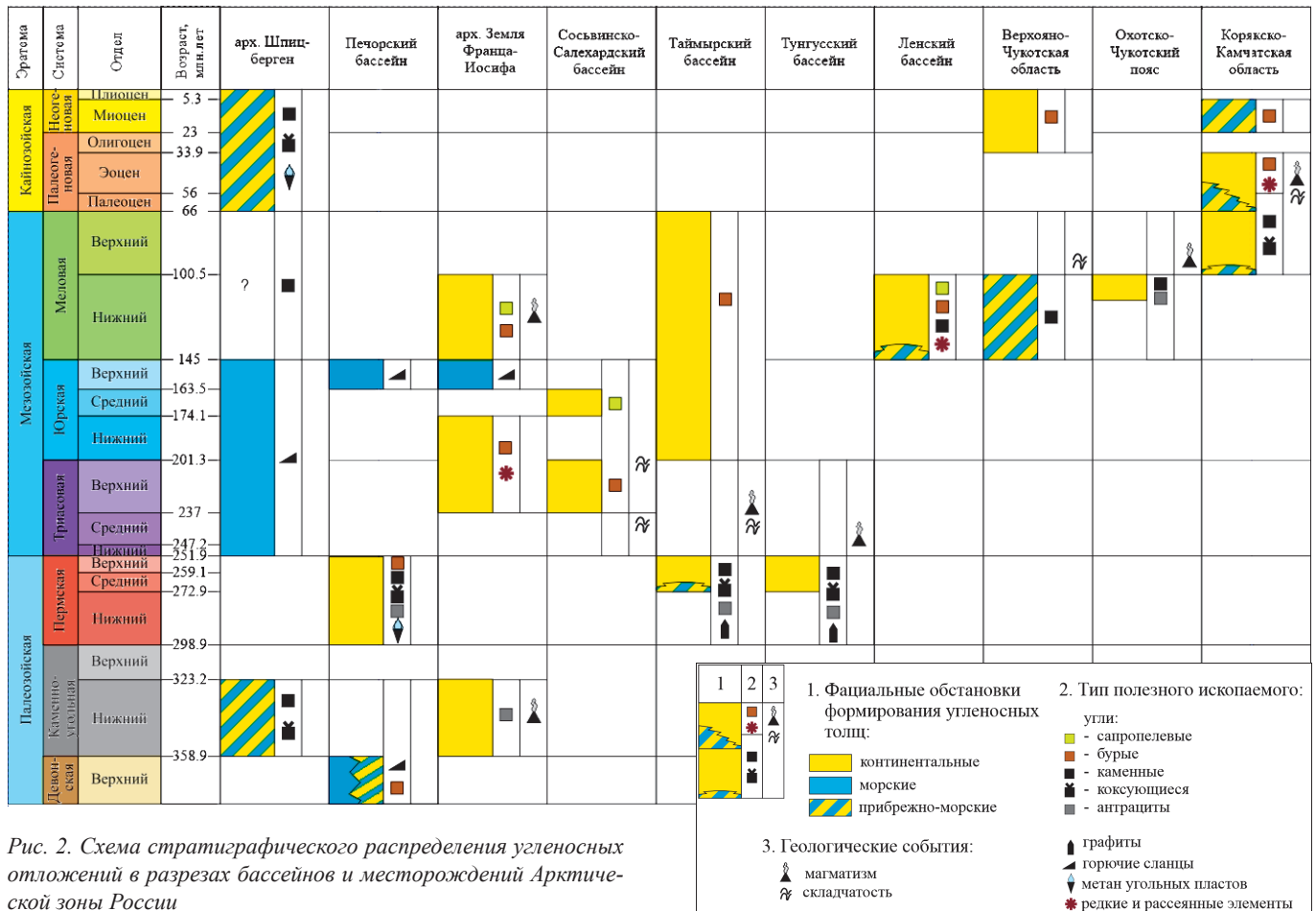


Рис. 2. Схема стратиграфического распределения угленосных отложений в разрезах бассейнов и месторождений Арктической зоны России

угольных пластов – 2-5, мощность – 1,0-5,5 м, залегание пологое. Выход летучих веществ – 30-40%, теплота сгорания – 7400-8000 ккал/кг. В западной части угли хорошо коксуются. В районе залива Кингс-бей известны 6-7 пластов мощностью 1-2 м (запасы – до 20 млн т). Угли газовые, **выход смолы полукоксования – 21%**, выход летучих веществ – 37-41%, содержание углерода – 75-90%, теплота сгорания – 7400-8000 ккал/кг. Такие уникальные качественные характеристики углей, пригодных для получения синтетической нефти, при условии их распространения на больших глубинах в акваториальной части бассейна, позволяют рассматривать их как нефтематеринские породы. Угольные пласты метаносны. Известны случаи взрывов газа на шахтах.

На 2006 г. добыча угля на Шпицбергене осуществлялась в Баренцбурге (Россия, основан в 1932 г.), Лонгйире и Свеагруве (Норвегия). В Баренцбурге ежегодно добывается до 250 000 т, однако в последние годы отмечается снижение прибыльности. С 1906 г. несколько шахт работают в Лонгйире и за его пределами. Общий объем добытого угля на этой территории составляет около 22 млн т. На 2006 г. продолжала работать только шахта №7. Разработка месторождений осуществляется параллельно угольным пластам, которые залегают под уклоном в 1-2°. Шахта Свеа Норд расположена в Центральном, самом крупном месторождении угля на Шпицбергене. По оценкам угледобывающей компании «Store Norske» в районе Свеа Норд имеются экономически рентабельные запасы угля объемом в 32 млн т, тогда как месторождение в целом, по оценкам специалистов, содержит 72,5 млн т

угля. Расходы на поддержание деятельности бывших советских концессий на Шпицбергене только за 2006 год составили 395,6 млн рублей. В последнее время российская шахта добывает 120 000 т в год (2006 г.). Из них примерно 80 000 т идет на экспорт (в основном Англия), а 30 000 т на нужды поселка.

Печорский угольный бассейн расположен на северо-востоке Европейской части России (рис. 1) в пределах республики Коми и Ненецкого национального округа Архангельской области. Бассейн выделяется в контуре развития промышленной угленосности пермских отложений и является частью более крупного Тимано-Печорского осадочного бассейна, известного как нефтегазоносный. На востоке границей бассейна служит Полярный и Приполярный Урал, на юге – верховья р. Косью, на западе – нижнее течение р. Колвы, и на севере – побережье Печорского и Карского морей, причем продолжение угленосных отложений прослеживается в акваториях этих морей. Общая площадь угольного бассейна составляет около 130 тыс. км².

Дорифейский фундамент практически идентичен фундаменту Восточно-Европейской платформы. Чехол сложен преимущественно палеозойскими отложениями. Палеозойская эратема представлена породами ордовикского, силурийского, девонского, каменноугольного и пермского возраста. Терригенный комплекс имеет возраст от позднего карбона на востоке до раннеартинского на западе, что и отражает миграцию Предуралья с востока на запад. Пермские угленосные отложения, относящиеся к орогенному формационному

комплексу, закономерно сменяют карбонатные и терригенные породы, отмечается миграция терригенного комплекса, частью которого является угленосная толща, связанная с развитием краевого прогиба. Повсеместно прослеживается предпермский разрыв, несогласия в разрезе орогенного комплекса носят локальный характер.

Непосредственно угленосная часть разреза подразделяется на воркутскую и печорскую серии, содержащие около 270 пластов и пропластков угля, которые распределены в стратиграфическом разрезе и по площади довольно неравномерно (рис. 3). Для синонимии угольных пластов в бассейне используется выделение пакетов (обозначены буквенным индексом), связанных с ритмичностью осадконакопления.

На территории бассейна выделено 32 месторождения с общими угольными ресурсами 341 млрд т. Разрабатываются три месторождения: Воркутинское, Воргашорское и Интинское. В бассейне выделяются шесть геолого-промышленных и угленосных районов: Воркутский, Интинский, Шарьюско-Адзвинский, Кортаихинский, Хальмерьюсский и Карский. В первых двух ведется разработка угольных месторождений. Основные потребители коксующихся углей Печорского бассейна, добываемых в Воркутском районе, – Череповецкий, Новолипецкий, Московский и Калининградский металлургические заводы; местные потребители угля – Воркутинская и Интинская ТЭЦ, Воркутинский цементный завод, котельные шахты, поселков, хозяйства железнодорожного транспорта.

По выходу летучих веществ и показателю отражения витринита угли в бассейне представлены от бурых до антрацитов – от ПК1 до АК4. Градиент изменения метаморфизма у разных марок различен: для жирных углей уменьшение летучих веществ на 100 м разреза составляет 1%, для коксовых углей – 2,5%; соответственно

Отдел	Серия	Свита	Индекс пакета	Мощность пакета, м	Кол-во рабочих пластов	Всего пластов	Суммарная мощность угольных пластов (м)					Цикл	
							3	6	9	12	15		18
P ₂	Печорская	Тальбайская	А	840	5	12							V
			Б										
			В	600	9	18							
		Г											
		Д	365	6	8								
		В											
	Сейдинская	Е	580	1	11							IV	
		Ж											
		З	400	3	8								
		Д											
		И	600	12	29								
		Е											
P ₁	Воркутская	Интинская	Г	300	5	6						III	
			Ж										
		З	225	2	2								
		И	220	2	5								
		К	260	2	3								
	Лекворкутская	Интинская	Л	135	3	4						II	
			М	160	1	2							
		Н	335	5	10								
		О	65	3	3								
		Р	130	2	4								
Лекворкутская	Интинская	С	160	-	1						I		
		Т	170										
		Т											

Рис. 3. Распределение угленосности в разрезе пермской формации Печорского бассейна (Угольная база России, 2000). Двойная штриховка – рабочая угленосность, одинарная – общая угленосность.

мощность зоны развития жирных углей составляет 700-750 м, коксовых – 600-650 м. Наименьшую мощность (300-350 м) имеет зона отощенно-спекающихся углей, наибольшую (несколько более 1000 м) – длиннопламенные угли Интинского месторождения (Матвеев и др., 1990). Марочный состав углей зонально изменяется, увеличиваясь с северо-запада на юго-восток, что обусловлено региональным метаморфизмом (рис. 4).

Помимо основной угленосной части разреза следует отметить наличие угленосных отложений позднедевонского возраста (поздний фран-фамен) в западной части территории (северо-восток Архангельской обл.), связанных с платформенным крылом этой крупной структуры и существованием в это время на западе континентальных условий (Безносов и др., 2018), в то время как основная часть бассейна представляла собой море с условиями, благоприятными для карбонатакопления. Песчано-алевроитовые сероцветные отложения прибрежноморского генезиса содержат тонкие пропластки листоватых углей и многочисленные отпечатки растений.

В перекрывающих палеозойскую часть разреза отложениях Тимано-Печорского бассейна необходимо отметить присутствие горючих сланцев позднеюрского возраста (рис. 2). Сланцесные отложения приурочены к волжскому ярусу верхней юры и выполняют

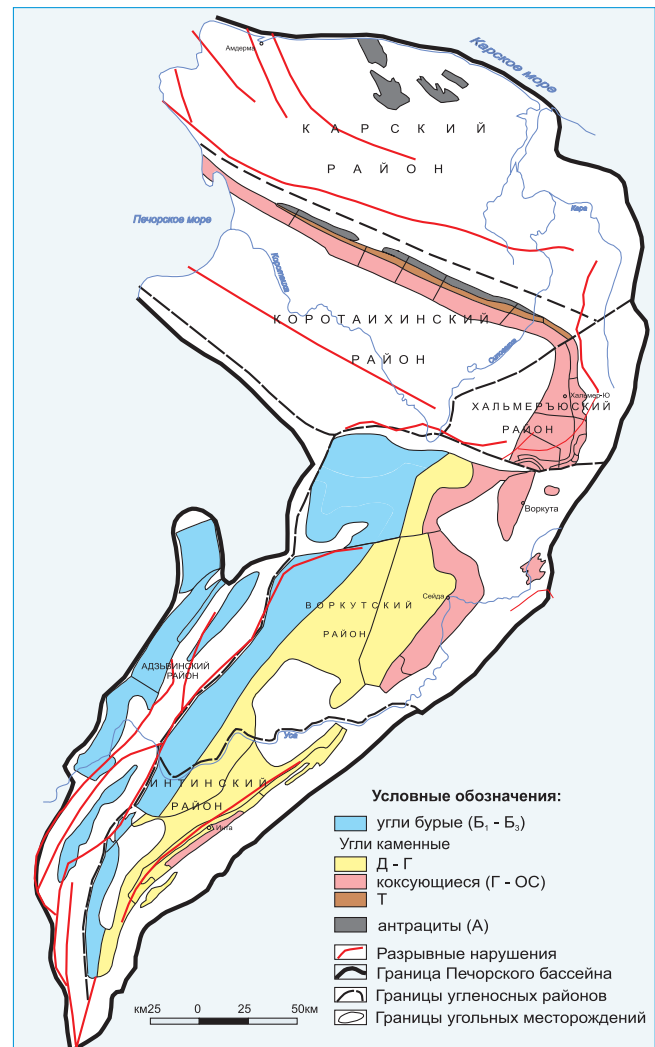


Рис. 4. Карта марочного состава углей Печорского бассейна (по Карте угленосности, качества и ресурсов..., 2004)

разрозненные депрессии, объединяемые в Тимано-Печорский и Вычегодский сланцевые бассейны (Месторождения горючих сланцев..., 1988). Наибольшую мощность (до 85 м) и площадь распространения имеют сланцевые толщи центральной части Ижемского района Тимано-Печорского бассейна. В разрезе присутствуют до 4 пластов горючих сланцев сложного строения, мощностью от 0,3 до 1,2 м. В Вычегодском бассейне мощность продуктивных отложений уменьшается до 2-25 м при локальном увеличении мощности отдельных сланцевых пластов. Выделяется два пласта горючих сланцев сложного строения, мощностью от 0,1 до 10,6 м. Горючие сланцы сернистые (0,7-7,2%), зольность составляет 50-77%, **выход смолы полукоксования** в среднем – 5-9%, достигая по отдельным пластам **17-21%**, теплота сгорания – от 4-10 МДж/кг до 22 МДж/кг. Общие прогнозные ресурсы Тимано-Печорского бассейна составляют около 1 млрд т, Вычегодского бассейна – более 30 млрд т.

Печорский угольный бассейн, содержащий широкий спектр углей разных марок, включая коксующиеся угли и антрациты, представляет большое значение как для металлургической, так и для химико-технологической промышленности. Кроме того, угленосная толща содержит существенные запасы метана, которые могут быть учтены для пополнения ресурсной базы региона.

Рассматривая Тимано-Печорский бассейн в целом с учетом продолжения этих отложений в шельфовой части Баренцева и Печорского морей, следует подробнее изучить нефтегазоматеринский потенциал всего геологического разреза, включающего такие уникальные полезные ископаемые, как девонские углепроявления платформенной части бассейна и верхнеюрские горючие сланцы.

Архипелаг Земля Франца-Иосифа расположен в северной части Баренцева моря. Угленосные отложения изучены слабо. Они связаны с вулканогенно-осадочными формациями раннекаменноугольного и раннемелового возраста. Каменноугольные отложения, вскрыты параметрическим бурением на глубине 1740-1896 м, содержат антрациты (Ro 3,78-4,99%).

В песчано-глинистой толще раннемелового возраста содержатся пласты бурого угля, терригенные пачки чередуются с покровами базальтов. Первые сведения об угленосности этих отложений известны с 1898 г., специальные поисковые работы проводились в 1930-1931, 1967-1968 гг. В отложениях озерного генезиса с прослоями туффилов выявлены угольные пласты (до 5) мощностью 0,7-7,5 м с зольностью 5,3-50,7%, теплотой сгорания 12,81-24,54 МДж/кг, Ro 0,25-0,48%. Интересно, что повсеместно отмечается наличие прожилков и натечков битумов в угольных пластах. Ресурсы (до глубины 300 м) варьируют по разным оценкам вплоть до 1,2 млрд т.

Кроме того, прослои углистых пород и линзы углей отмечаются в отложениях карнийского, рэтского (T₃) и плинсбахского (J₁) возраста (Ro 0,25-0,48%). С бурями углями связаны попутные компоненты: титан, ванадий, иттрий, скандий, редкоземельные металлы, торий. В раннеюрских углях показатели урана и тория имеют промышленные значения (0,08 и 0,2% соответственно).

Также отмечается наличие битуминозных глинистых отложений позднеюрского возраста морского генезиса.

Широкий возрастной диапазон эпох формирования

угленосных отложений этого региона представляет прежде всего интерес для уточнения геологического строения прилегающих бассейнов с возможностью реконструкций геотермической истории.

Сосьвинско-Салехардский бассейн объединяет группу узких грабенообразных впадин, вытянутых полосой около 800 км вдоль восточного склона Урала от Свердловской области на север вплоть до Байдарацкой губы. Ширина бассейна составляет 25-100 км. Западной границей служит контакт мезозойских угленосных отложений с палеозоем горного Урала. Восточная граница условная, проведена по осевой линии палеозойских поднятий, отделяющих бассейн от Западно-Сибирской платформы.

Угленосные отложения поздне триасово-юрского возраста залегают на палеозойском фундаменте и содержат в основании разреза пестроцветные и бокситоносные породы. Перекрываются чехлом мезо-кайнозойских отложений морского и континентального генезиса. Сведения об угленосности северной части – Хулгинско-Салехардский район, где расположено Собское углепроявление и встречены отдельные угольные пласты по единичным скважинным данным, недостаточны. Южный – Северо-Сосьвинский – район объединяет триасовые (Люльинское и Турпийское месторождения, Семьинское углепроявление) и юрские (Тольинское, Оторьинское, Няисское, Лопсинское и Усть-Маньинское месторождения) угленосные впадины (Угольная база России, 2000).

Угленосность триасовых отложений связана с ятринской свитой норийского яруса, венчающей разрез поздне триасовых отложений, подстилаемой конгломератово-песчано-глинистой, содержащей брекчии, толщей переотложенных пород коры выветривания палеозойского основания. Породы залегают под углом 35-10°. Свита, мощностью до 230 м, континентального генезиса содержит до 6 рабочих пластов бурых углей, суммарной мощностью 40 м. Мощность пластов – в среднем от 0,7 до 9 м, Нижний пласт достигает 27 м. Угли мало-, среднезольные, низкосернистые, склонны к самовозгоранию и окислению. Пригодны для сжигания в слоевых и камерных топках.

Юрские породы залегают на подстилающих с угловым несогласием и подразделяются на 6 свит. Угленосность связана с лейасом и бат-келловейскими отложениями. В продуктивной части разреза содержится от 2 до 10 рабочих пластов с мощностями от 1 до 12,2 м. Средняя зольность углей составляет 19%, содержание серы – 0,4-5,7%. В юрских углях отмечаются **прослой высокобитуминозных липтинитовых разностей**. Опыты по газификации углей дали положительные результаты. Теплотворная способность – 6,28-6,49 МДж/кг. При полукоксовании отмечаются большие колебания выхода смолы и газа в зависимости от петрографического состава. Угли могут быть использованы как энергетическое сырье, так и для газификации.

По оценке В.Н. Кошевого на площади Северо-Сосьвинского района количество прогнозных ресурсов триасовых и юрских углей по всем категориям составляет 13 382 млн т. Разведанные запасы Люльинского месторождения по категориям C₁-C₂ – 551,4 млн т.

Значимость бассейна в промышленном освоении

угольных месторождений не столь велика, как геологическая информация о погруженных отложениях триасового и юрского возраста Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна.

Кроме описанных угленосных отложений этого региона следует упомянуть практически неразведанные углепроявления на многочисленных **малых внутрибассейновых островах** (размером первые десятки километров) Баренцево-Северокарского бассейна. Угли раннекаменноугольного возраста, бурые (B_2), пласты и пропластки – от 0,3 до 1,5 м.

В архипелаге **Новая Земля** в паралических отложениях эоценового возраста известны два пласта (0,4 и 0,6 м) и до семи незначительных пропластков каменного угля (марка ГЖ) с R_o 0,75-0,85% (Геология и полезные ископаемые России, 2004).

В Арктическом секторе России к востоку от Новой Земли самым крупным по площади и по запасам угля является **Таймырский бассейн**. Он занимает весь одноименный полуостров, его общие ресурсы оцениваются в 185,6 млрд т, однако разведанные запасы не более 0,05% от этой величины. Это является лучшим свидетельством недоразведанности региона.

На полуострове установлено и откартировано 16 месторождений угля, и имеются сведения о более чем 70 углепроявлениях. Поражает разнообразие углей бассейна по качеству (рис. 5). Среди изученных углей есть не только энергетические и коксующиеся, но и такие чрезвычайно редкие и важные угли для современного технологического использования и создания новых композиционных материалов, как графиты и термоантрациты.

В геологическом строении Таймырского бассейна принимает участие практически весь палеозойский комплекс пород, а также отложения мезозоя и частично кайнозоя. Выделяется две угленосные формации: пермская, одно-возрастная угленосной толще соседнего Тунгусского бассейна, содержащая все многообразие каменных углей, и

мезозойская, распространенная на севере полуострова и включающая бурые угли.

Эти две формации принадлежат к разным этапам тектогенеза и построены по-разному. Пермские угленосные отложения приурочены к двум впадинам: Западно- и Восточно-Таймырским, разделенных Тарейским валом, образованным поднятием, в котором обнажаются дислоцированные породы ордовика-раннего карбона. Позднепермские угленосные отложения согласно залегают на среднекаменноугольных-раннепермских морских отложениях. Нижняя часть угленосного комплекса представлена прибрежно-морскими образованиями, которые вверх по разрезу закономерно сменяются лагунными и континентальными. Отмеченная фациальная изменчивость выражается как в характере угленосности (количество угольных пластов, их мощность и строение), так и в качестве.

Мощность угленосных отложений в Западно-Таймырской впадине оценивается в 1000-1500 м, в Восточно-Таймырской она больше и достигает 3500-4000 м. Поскольку угленосные толщи двух впадин разделены, единой стратиграфической схемы нет. В Западной впадине выделяется 7 свит, в Восточной – 6. Выше угленосной толщи залегают вулканогенная трапповая формация.

Магматические породы трапповой формации присутствуют не только в виде лав и пирокластики, но и в виде разнообразных интрузивных тел. Пожалуй самыми распространенными среди последних являются силлы, насыщенность ими позднепермских-раннетриасовых отложений оценивается в 20%. Термальное воздействие интрузивов на угли вызвало значительные их изменения, что и привело к широкому разнообразию качества углей.

В тектоническом строении Западно-Таймырской и Восточной впадин отмечается зональность. Особенно отчетливо она выражена в Западной впадине. В северной ее части, прилегающей к складчатой зоне, угленосные отложения смяты в линейные складки. Для центральной части

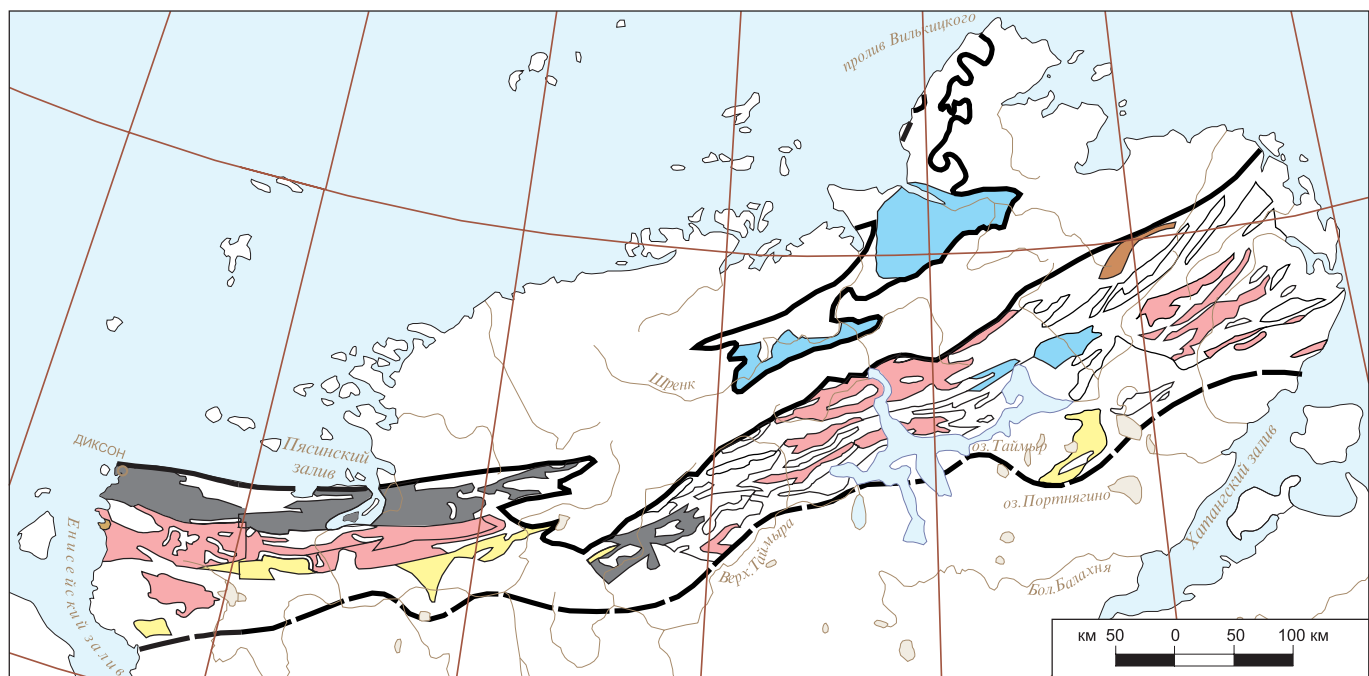


Рис. 5. Карта марочного состава углей Таймырского бассейна (по Карте угленосности, качества и ресурсов..., 2004, с изменениями). Условные обозначения см. на рис. 4.

характерны коробчатые и гребневидные складки с узкими антиклиналями и широкими синклиналими, с некоторыми из них связаны угольные месторождения (Крестьянское, Пясинское). Южная часть впадины является зоной развития брахиформ (месторождения Сарыдасайское, Тарейское). Интенсивность дизъюнктивной нарушенности выше в северной части. В Восточно-Таймырской впадине широко развиты разрывные нарушения, причем амплитуда их может достигать 2500-3000 м. Пликативные складки чаще ассиметричны, с пологими южными крыльями (месторождение р. Угольная).

Мезозойские угленосные отложения распространены к северу от складчатого сооружения. Они залегают горизонтально или слабоволнисто (с углами 3-15°), за исключением Гафнер-Фьерда и р. Ленинградской, где тектоническими нарушениями породы «вздернуты» на 50-75°. Там же наблюдаются и многочисленные мелкие сбросы, а в Усть-Таймырской впадине мезозойские отложения лежат на нижнепалеозойском складчатом фундаменте.

Тунгусский бассейн расположен в глубине континента, и лишь его Норильский район примыкает к Арктическому побережью и через порт Дудинку всегда осуществлял вывоз продукции. Угли Норильского района имеют спрос на местных металлургических комбинатах, а как энергетическое топливо их рынок выходит за рамки примыкающих районов.

В геологическом отношении Норильский район имеет все характерные черты Тунгусского бассейна, но в концентрированном виде. По возрасту это отложения перми (преимущественно верхней: P₁dl-P₂am), которые подверглись магматогенному метаморфизму. Благодаря этому разнообразие углей по качеству столь широко, что наряду с нормальными углями Ж-К стадий в районе имеются антрациты и графиты.

Основными месторождениями Норильского района являются Кайерканское и Далдыканское. Коэффициент рабочей угленосности на Кайерканском месторождении, например, составляет 14%, а суммарная мощность угольных пластов – 8,8 м. Месторождение разрабатывалось в советский период тремя шахтами и 2-3 разрезами. В настоящее время шахты законсервированы, работает 1 разрез. Добываются высококачественные коксующиеся угли для Норильских металлургических заводов, а уже разведанные, но законсервированные шахты вполне могут пополнить базу ценного технологического сырья для экспорта и вывоза в Европейскую часть России.

Магматогенный метаморфизм имеет локальное проявление и очень осложняет прогноз качества углей, попадающих в зону его воздействия. Однако продуктами такого воздействия могут быть графиты и термоантрациты. В 60-70 гг. прошлого столетия на г. Рудной кроме медно-никелевых руд из зоны контакта добывались графиты очень хорошего качества, образовавшиеся из углей. К настоящему времени это месторождение выработано полностью, но возможность обнаружения подобных проявлений высока.

Территорию вдоль побережья моря Лаптевых от р. Хатанги до р. Лены занимает северная часть **Ленского угольного бассейна** мезозойского возраста. Весь бассейн расположен в западной части Якутии, а крайняя северо-западная часть – в Красноярском крае. В структурном

отношении он приурочен к Сибирской платформе (северная и восточная окраины) и Предверхоанскому прогибу. В бассейне выделяются южная и северная части, граница между которыми проводится несколько южнее Северного полярного круга. По особенностям геологического строения и угленосности в северной части выделяются районы: Жиганский, Булунский, Оленекский, Анабаро-Хатангский. Здесь разведано и выявлено 40 месторождений угля и 312 углепроявлений.

В геологическом строении Ленского бассейна принимают участие залегающие на архейских образованиях отложения палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Угленосность северной части бассейна связана с нижнемеловыми терригенными отложениями суммарной мощностью от 450 м до 2-5 км. В связи с различиями в строении разрезов, угленосности и условий осадконакопления в разных частях бассейна существуют местные названия свит. Угленосные отложения содержат до 32 угольных пластов мощностью 0,7-6,7 м. Угли преимущественно гумусовые, в Оленекском районе выявлены **пласты сапропелевых углей (богхеды)**. Угли мало- и среднезольные (A^d 2,5-29%), малосернистые (S_t^d 0,14-1,0%), с влажностью (W_a) 1,3-19,5% и теплотой сгорания (Q_п) 25-36 МДж/кг. По марочному составу угли бурые переходные к каменным (длиннопламенные, газовые).

Отдельные месторождения разрабатывались в 30-40-х годах XX в. для снабжения углем поселков, обслуживающих Северный морской путь. Сапропелиты Оленекского района использовались в 1946-1948 гг. **для получения жидкого топлива** на полузаводской установке. При сухой перегонке из них производилось до 70% смолы на органическую массу. В настоящее время разработка угольных месторождений северной части бассейна не ведется. Прогнозные ресурсы угля оцениваются в 61749,4 млн т.

Значительная мощность угольных пластов Ленского бассейна и их разнообразное качество (не только бурые угли, но и каменные – Д, Г) свидетельствуют о том, что они могут представлять интерес не только как энергетическое сырье, но, возможно, входить в состав шихты для коксования (Г). Расположение бассейна внутри или непосредственной близости нефтегазоносных бассейнов (Лено-Вилуйский, Енисей-Хатангский, Лаптевоморский) может быть дополнительным информационным источником для геологических реконструкций в их пределах.

Побережья м. Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова морей относятся к разным тектоническим элементам, что обусловило наличие многочисленных угольных месторождений и бассейнов (рис. 1). Данные по угленосности, качеству и генезису отложений этого обширного региона обобщены в монографии Г.А. Фандюшкина (Фандюшкин, 2006). Этот исследователь на сегодняшний день является лучшим и непревзойденным знатоком угольных месторождений Северо-Востока России, ведь он проработал в регионе полвека, а одно из открытых в последние годы месторождений Беринговского бассейна названо его именем. Во ВСЕГЕИ при обобщении материалов съемочных работ и составлении карты угленосности, качества и ресурсов углей России (Карта угленосности, качества и

ресурсов... (2004) были описаны почти все известные месторождения, по которым оценены ресурсы углей или сделаны хотя бы единичные анализы качества. В данной работе приведены и показаны (рис. 1, 2) лишь наиболее представительные примеры месторождений из каждой тектонической зоны.

Верхояно-Чукотская позднекимерийская складчато-покровная область (по В.Е. Хаину, 2001) – ВЧ. Область включает обширный регион со впадиной м. Лаптевых и окружающим его побережьем Сибири от устья р. Хатанга до устья р. Яна и несколько восточнее, а также Новосибирские острова. В состав области входит Верхояно-Колымская складчатая зона, с которой угленосные отложения не связаны, и Новосибирско-Чукотская покровная зона, вмещающая ряд угленосных комплексов. Наиболее ранним из них является паралическая угленосная толща Новосибирских островов раннемелового возраста, нарушенная складчатостью и содержащая каменные (Д) угли.

Следующая фаза угленосности ВЧ области приходится на олигоцен-неоген. Угленосные отложения именно этого возраста приурочены к площадям: Нижне-Ленской, Яно-Омолонской и Нижне-Колымской, обнажающимся на побережье, в устьевых районах крупных рек. Лишь Хромская площадь находится на удалении от океана. Все площади содержат по несколько пластов, которые залегают полого, а угли характеризуются как бурые. Отмечается повсеместное присутствие зерен янтарей в углях этих отложений (рис. 6).

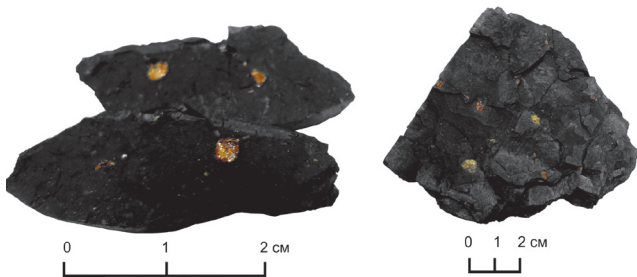


Рис. 6. Угли бурые с включениями янтаря (фото из коллекции образцов геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова)

Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВ) включает ряд месторождений, часть из которых иногда объединяется в Чаун-Чукотскую площадь. Угленосные отложения апт-альбского возраста приурочены к осадочным линзообразным телам. Примерами месторождений Чаун-Чукотской площади могут служить месторождения Долгожданное в Кукевеевском районе и Дальнее (Верхнепегтымельский р-н).

Угленосная кукевеевская свита (мощность 500-550 м) Долгожданного месторождения залегает несогласно на дислоцированных триасовых образованиях, а перекрывается альб-сеноманскими вулканогенными породами. В угленосной части разреза насчитывается 12-14 угольных пластов, из них 5-8 пластов имеют рабочую мощность (0,7 м-3,7 м). По степени преобразованности угли могут быть отнесены к Т-А ($V^{\text{daf}} - 15\%$; $C^{\text{daf}} - 89\%$, $Q_s^{\text{daf}} - 34$ МДж/кг). Запасы оцениваются в 90 млн т.

Месторождение Дальнее имеет сходное геологическое строение, но там установлено лишь 3 рабочих пласта. Мощность одного из них достигает 15,8 м, что позволяет рассчитывать на открытую разработку. По качеству угли относятся к маркам СС-Т, а их прогнозные ресурсы до глубины 300 м составляют 1200 млн т, из которых 106 млн т – для открытых работ.

Месторождения Чаун-Чукотской площади включают угли очень высоких стадий преобразования. Для углей мелового возраста такой уровень измененности является несомненным свидетельством чрезвычайно высокого теплового потока в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Некоторые месторождения этого пояса (напр. месторождение Галимый с углями марки А) имеют признаки локального магмотермического (контактового) метаморфизма, но на месторождениях Долгожданном и Дальнем таких сведений нет. Этот факт может быть очень важным при бассейновом моделировании, использующим степень преобразованности углей по показателю отражения витринита ($RV, \%$) для калибровки тепловых моделей.

P. Robert (1985), классифицируя осадочные бассейны по геотермическому режиму, предложил три градации: бассейны с «нормальным» тепловым потоком, при котором геотермический градиент составляет $2,5^{\circ}-3,5^{\circ}/100$ м, «гипертермальные» бассейны, в которых геотермические градиенты в отдельных зонах могут составлять $\geq 5^{\circ}/100$ м, и «гипотермальные», характеризующиеся низкими тепловыми потоками и, соответственно, пониженными значениями геотермических градиентов. Заключение о гипертермальном режиме осадочного бассейна чаще всего делается на основе аномального поведения $RV, \%$ или других аналитических показателей трансформации ОВ, реже – минеральных составляющих пород. Гипотермальный режим устанавливается по низким значениям $RV, \% \leq 0,5\%$, определенным в породах на глубинах 4000-5500 м.

Месторождения Чаун-Чукотской площади являются типичными примерами гипертермального характера изменения осадочной толщи, что нужно учитывать при палеогеотермических реконструкциях, которые делаются в процессе нефтегеологического моделирования для анализа перспектив нефтегазоносности региона.

Корякско-Камчатская позднемезозойско-кайнозойская складчатая область (КК-Мz₃-Kz). В пределах площади расположено много разрозненных месторождений, приуроченных к впадинам разных размеров. Некоторые из них объединены в Пенжинский Анадырский и Беринговский бассейны (Фандюшкин, 2006).

Пенжинский бассейн приурочен к прогибу в СЗ части КК-системы кайнозой на границе с ОЧВ. Нижняя угленосная толща бассейна ($K_2\text{-cm-Pg, d}$), выделяемая в рарыткинскую свиту, залегает на морских и вулканогенных меловых отложениях. Мощность свиты достигает 1000 м и включает не менее 4-х пластов суммарной мощностью 9,8 м. Угли бурые (Б) и переходные к каменным (Д). В бассейне есть еще один уровень угленосности – это эоценовые отложения (марковская свита) мощностью до 600 м. Количество установленных пластов рабочей мощности – 5, суммарная мощность – 8,65 м.

Анадырский бассейн приурочен к другому прогибу КК-системы. Рарыттинская свита (до 1000 м) установлена в отдельных впадинах, она содержит каменные угли с признаками контактового метаморфизма. Выше залегают вулканиты (танюерская свита), а над ними – угленосная толща (мощностью от 240 м до 3000 м), включающая онеменскую, анадырскую и первореченскую свиты эоценового возраста. Вся толща – прибрежно-морская, переходящая в континентальную.

В Анадырском бассейне выделено 3 района: Пекульнейский, Рарыттинский и Онеменский (именно к этому району приурочено разрабатываемое Анадырское бурое угольное месторождение).

По качеству меловые угли в Рарыттинском и Пекульнейском районах Анадырского бассейна каменные (Д, Г), а палеогеновые и неогеновые – бурые. По данным аналитических исследований бурые угли бассейна имеют **выход смол полукоксования** (T_{max}) от 2 до 17%. Такие высокие значения показателя могут служить основанием для использования углей в химической промышленности с широким списком возможных продуктов производства.

Беринговский бассейн расположен на территории Анадырского района Чукотского АО в юго-восточной части Беринговского полуострова. В структурном плане он приурочен к северо-восточной части Анадырско-Корякской кайнозойской складчатой системы и представляет собой прогиб, осложненный многочисленными разломами и тектоническими нарушениями сбросового и надвигового характера, с амплитудой вертикального смещения до 1000 м. В его пределах выделяют ряд мульдообразных впадин, выделяемых в угленосные районы: Бухты Угольной, Алькатваамский и Амаамский, а также более мелкие: Губа Гавриила, Лагуна Аринай, Лагуна Забытая и Песчаное. Это сохранившиеся от размыва останцы, выполненные отложениями верхнего мела и палеогена мощностью в несколько километров. Угленосность бассейна связана с барыковской свитой (поздний сантон-ранний кампан), корякской свитой (верхний кампан) и чукотской свитой (палеоцен-средний эоцен). Количество рабочих пластов угля от 4 до 12, средняя мощность пластов составляет 1,0-2,5 м, в единичных случаях достигает 25 м.

Угли Беринговского бассейна гумусовые, в мацеральном составе углей витринит составляет 93-98%, семивитринит – до 7%, инертинит – 1-7% и липтинит – 0-3%. Угли мало- и высокосернистые (S_t^d 0,4-4,2%). Угли мало- и высокозольные (A^d 4-29%), обогатимость от легкой до средней. Основная часть каменных углей бассейна марки Г (газовые), Ж (жирные) и Д (длиннопламенные), частично К (высококачественные энергетические).

Запасы углей по району Бухты Угольной составляют по сумме категорий $A+B+C_1+C_2$ – 620 млн т, по Амаамскому району – 50 млн т, по Алькатваамскому району – 10,3 млн т. Прогнозные ресурсы углей в бассейне оцениваются в 3570 млн т.

Заключение

Невозможно переоценить вклад уже накопленного материала об угленосности и качестве углей Арктического

сектора России для активного вовлечения в экономику страны ресурсов углей, отличающихся высоким разнообразием и ценной технологической специализацией.

Высококачественные коксующиеся угли Печорского, возможно Таймырского, Норильского районов Тунгусского бассейна, а также вновь открытое месторождение Фандошкинское поле Беринговского бассейна уже сейчас играют важную роль в экономике страны.

Антрациты (в том числе Печорского, Таймырского, Тунгусского бассейнов, а также месторождение Долгожданное), уже давно оцененные как исключительное технологическое сырье для производства разнообразных углеродистых композиционных материалов, еще ждут разработки специальных технологий, чтобы быть вовлеченными в экономику России. То же самое можно сказать и о термоантрацитах, и графитах региона.

Печорский бассейн, значительная часть запасов которого может быть разработана подземным способом, может также дать метан как самостоятельное полезное ископаемое и как попутный компонент угленосных толщ (Макарова и др., 2015). Если промышленная ценность угольного метана в богатом природным газом Тимано-Печорском бассейне невелика, то его извлечение для безопасного ведения горных работ очевидно.

Связь редких и ценных элементов-примесей с углями хорошо известна. Для некоторых бассейнов и месторождений они представляют особый интерес как самостоятельное полезное ископаемое. Такие элементы присутствуют в углях арх. Земля Франца Иосифа, Ленского угольного бассейна и месторождений Корякско-Камчатской области (рис. 2). Данные о содержании элементов-примесей в углях Арктической зоны России освещены в статье В.И. Вялова и др. (Вялов и др., 2019).

Производство адсорбентов пока не получило развития в России. Привлекательность этого направления состоит прежде всего в следующем: а) практически любые по качеству угли могут быть использованы для создания адсорбентов; б) относительно просто организован технологический процесс; в) существует возможность переработки на месте добычи, в том числе для части сырья, обеспечивая комплексное его использование.

Методика разведки угольных месторождений отличается высокой детальностью. Уточнение мощности угольных пластов и их строения сопровождается подробными литологическими, углепетрографическими и химико-технологическими исследованиями. Много внимания уделяется гидрогеологии, метаноносности и другим геологическим вопросам. Все эти сведения столь важны для уточнения геологического строения и истории развития тех регионов, в которых непосредственно располагаются или прилегают изученные угольные месторождения, что стоит к ним обращаться.

Наконец, нельзя недооценивать роль общегеологических данных по угольным месторождениям (стратиграфия, тектоника, качество углей и др.) для их использования в моделировании, различных экстраполяциях в акваториальную часть, где не пробурены скважины и, в лучшем случае, есть сейсмические профили, требующие привязки.

Литература

- Безносков П.А., Снигиревский С.М., Наугольных С.В. и др. (2018). Верхнедевонский комплекс отложений дельтовой равнины на Северном Тимане. *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*, 1, с. 25-44.
- Вялов В.И., Богомолов А.Х., Наставкин А.В., Кузеванова Е.В., Шишов Е.П., Чернышев А.А. (2019). Ценные металлы в углях Арктической зоны России. *Георесурсы*, 21(2), с. 2-10. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.2-10> (В печати)
- Геология и полезные ископаемые России (2004). Т. 5. Арктические и Дальневосточные моря. Кн.1. Арктические моря. Ред. И.С. Грамберг, В.Л. Иванов, Ю.Е. Погребницкий. Всерос. науч.-исслед. ин-т геологии и минер. ресурсов Мирового океана. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 468 с.
- Горский И.И., Пиатт Е.М., Даннинг Ф.И. (1972). Угленосные отложения Европы. Объяснительная записка к Международной карте угленосных отложений Европы, масштаб 1:2 500 000. М: Наука, 200 с.
- Карта угленосности, качества и ресурсов углей России (2004). Сост. ВСЕГЕИ, ВНИГРИуголь. Под ред. В.И. Вялова. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ.
- Макарова Е.Ю., Митронов Д.В. (2015). Ресурсная база и перспективы добычи метана угольных пластов России. *Георесурсы*, 2(61), с. 101-105. DOI <http://dx.doi.org/10.18599/grs.61.2.9>
- Матвеев А.К., Власов В.М., Голицын М.В. и др. (1990). Геология угольных месторождений СССР. Москва: Изд-во МГУ, 350 с.
- Месторождения горючих сланцев мира (1988). Отв. ред. В.Ф. Череповский. ВНИИ экономики минер. сырья и геол.-развед. работ. М: Наука, 264 с.
- Обзорная карта прогноза углей СССР (1941). Сост. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-том Комитета по делам геологии при СНК СССР. Глав. ред. А.К. Матвеев; сост. Г.И. Егоров и др. Ленинград: Комитет по делам геологии при СНК СССР, 4 л.
- Обзорная карта прогноза углей СССР (1953). Масштаб 1:500000. Глав. ред. А.К. Матвеев. М: Картфабрика госгеолтехиздата, 9 л.
- Угольная база России (2000). М-во природ. ресурсов РФ. Гл. ред. В.Ф. Череповский. М: ЗАО «Геоинформмарк», Т. 1.
- Фандюшкин Г.А. (2006). Закономерности углеобразования на Северо-Востоке России. Отв. ред. М.В. Голицын. Губкин: ОАО «Губкинская типография», 344 с.
- Хаин В.Е. (2001). Тектоника континентов и океанов. М: Научный мир, 606 с.
- Robert P. (1985). Histoire geothermique et diagenese organique. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*. Mem. 8, 345 p.

Сведения об авторах

- Наталья Владимировна Пронина* – канд. геол.-мин. наук, доцент
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет
Россия, 119899, Москва, Воробьевы горы
Тел: +7 (495) 939 23 32, e-mail: nvproncl@geol.msu.ru
- Елена Юрьевна Макарова* – канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет
Россия, 119899, Москва, Воробьевы горы
- Александр Христофорович Богомолов* – канд. геол.-мин. наук, доцент
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет
Россия, 119899, Москва, Воробьевы горы
- Дмитрий Валентинович Митронов* – канд. геол.-мин. наук, научный сотрудник
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет
Россия, 119899, Москва, Воробьевы горы
- Евгения Владимировна Кузеванова* – канд. геол.-мин. наук, научный сотрудник
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет
Россия, 119899, Москва, Воробьевы горы

Статья поступила в редакцию 19.03.2019;

Принята к публикации 29.04.2019; Опубликована 20.05.2019

IN ENGLISH

Geology and coal bearing capacity of the Russian Arctic in connection with prospects of development of the region

N.V. Pronina, E.Yu. Makarova, A.Kh. Bogomolov, D.V. Mitronov, E.V. Kuzevanova*

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: *Natalia V. Pronina, e-mail: nvproncl@geol.msu.ru*

Abstract. Detailed geologic information can be priceless for oil- and gas- oriented geologic exploration in Arctic aquatic basins. Exploration reports on coal basins and deposits located along the Arctic coast are highly detailed and can be used for reconstruction of facies and thermobaric conditions of the poorly explored offshore areas. The article summarizes information on the Russian Arctic coal basins geology: geological structure, tectonic settings, coal-forming environments and coal quality parameters. Coal basins of the region contain not only brown and bituminous coals for energetics, but include valuable coking coal (Pechorskiy, Tunguskiy, Beringovski basins), anthracite, thermoanthracite and graphite (Taimyrski, Tunguski basins, Dolgozhdannoye deposit), related coal methane (Pechorskiy basin, coal deposits of Spitzbergen) and trace elements (Lenskiy basin, coal basins and deposits of Chukotka and Frantz Josef Land). It is also can be used for production of advanced materials (adsorbents, sunthetic graphites, etc).

Key words: Arctic coal, stratigraphic distribution of coal formation, coal-facies environments, coal quality, multiple use of coal

Recommended citation: Pronina N.V., Makarova E.Yu., Bogomolov A.Kh., Mitronov D.V., Kuzevanova E.V. (2019). Geology and coal bearing capacity of the Russian Arctic in connection with prospects of development of the region. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 42-52. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.42-52>

References

- Beznosov P.A., Snigirevskii S.M., Naugol'nykh S.V. et al. (2018). Verkhnedevonskii kompleks otlozhenii del'tovoi ravniny na Severnom Timane [Verkhnedevonsky complex of sediments of the delta plain in Northern Timan]. *Vestnik Instituta geologii Komi NTs UrO RAN*, 1, pp. 25-44. (In Russ.)
- Fandyushkin G.A. (2006). Zakonomernosti ugleobrazovaniya na Severo-Vostoке Rossii [Patterns of coal formation in the North-East of Russia]. Ed. M.V. Golitsyn. Gubkin: OJSC «Gubkinskaya tipografiya», 344 p. (In Russ.)

Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii [Geology and mineral resources of Russia] (2004). T. 5. Arkticheskie i Dal'nevostochnye morya. Kn.1. Arkticheskie morya [V. 5. Arctic and Far Eastern Seas. Book 1. Arctic seas]. Ed. I.S. Gramberg, V.L. Ivanov, Yu.E. Pogrebitskii. St.Petersburg: VSEGEI Publ. House, 468 p. (In Russ.)

Gorskii I.I., Piatt E.M., Danning F.I. (1972). Uglenosnye otlozheniya Evropy. Ob'yasnitel'naya zapiska k Mezhdunarodnoi karte uglenosnykh otlozhenii Evropy, masshtab 1:2 500 000 [Carboniferous deposits of Europe. Explanatory note to the International Map of Coal-bearing Sediments of Europe, scale 1: 2,500,000]. Moscow: Nauka, 200 p. (In Russ.)

Karta uglenosnosti, kachestva i resursov uglei Rossii [Map of coal content, quality and resources of coals of Russia] (2004). VSEGEI, VNIGRlugol'. Ed. V.I. Vyalov. St.Petersburg: VSEGEI Publ. (In Russ.)

Khain V.E. (2001). Tektonika kontinentov i okeanov [Tectonics of continents and oceans]. Moscow: Nauchnyi mir, 606 p. (In Russ.)

Makarova E.Yu., Mitronov D.V. (2015). Resource base and prospects for coalbed methane production in Russia. *Georesursy = Georesources*, 2(61), pp. 101-106. (In Russ.)

Matveev A.K., Vlasov V.M., Golitsyn M.V. et al. (1990). Geologiya ugol'nykh mestorozhdenii SSSR [Geology of coal deposits of the USSR]. Moscow: Moscow State University Publ. House, 350 p. (In Russ.)

Mestorozhdeniya goryuchikh slantsev mira [Deposits of combustible shales of the world] (1988). Ed. V.F. Cherepovskii. Moscow: Nauka, 264 p. (In Russ.)

Obzornaya karta prognoza uglei SSSR [Overview map of the USSR coals potential] (1941). Ed. A.K. Matveev; G.I. Egorov et al. Leningrad: Komitet po delam geologii pri SNK SSSR. (In Russ.)

Obzornaya karta prognoza uglei SSSR [Overview map of the USSR coals potential] (1953). Scale 1:500000. Ed. A.K. Matveev. Moscow: Kartfabrika gosgeoltekhizdata. (In Russ.)

Ugol'naya baza Rossii [The coal base of Russia] (2000). Ed. V.F. Cherepovskii. Moscow: ZAO «Geoinformmark», V. 1. (In Russ.)

Vyalov V.I., Bogomolov A.Kh., Nastavkin A.V., Kuzevanova E.V., Shishov E.P., Chernyshev A.A. (2019). Valuable metals in coals of the Russian Arctic Zone. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 2-10. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.2-10>

About the Authors

Natalia V. Pronina – PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology Vorob'evy gory, Moscow, 119899, Russian Federation
Tel: +7(495)939 23 32, e-mail: nvproncl@geol.msu.ru

Elena Yu. Makarova – PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology Vorob'evy gory, Moscow, 119899, Russian Federation

Aleksandr Kh. Bogomolov – PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology Vorob'evy gory, Moscow, 119899, Russian Federation

Dmitriy V. Mitronov – PhD (Geology and Mineralogy), Researcher

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology Vorob'evy gory, Moscow, 119899, Russian Federation

Evgenia V. Kuzevanova – PhD (Geology and Mineralogy), Researcher

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology Vorob'evy gory, Moscow, 119899, Russian Federation

Manuscript received 19 March 2019;

Accepted 29 April 2019;

Published 20 May 2019