

Д. А. СКИБА (ВСЕГЕИ)

Особенности геологического строения и качество углей Алькатваамского угленосного района Беринговского каменноугольного бассейна (новые данные)

Уточнено геологическое и тектоническое строение Беринговского каменноугольного бассейна; составлена методика предварительного определения малоамплитудных геологических нарушений угольных пластов; выделены, подробно описаны и прослежены по разрезу фациальные обстановки углеобразования; сделано предположение о преобладающей роли термально-регионального метаморфизма в процессе образования углей; предварительно определена геохимическая специализация углей, а также попутные полезные компоненты, потенциально имеющие промышленное значение.

Ключевые слова: каменный уголь, Беринговский каменноугольный бассейн, фациальный анализ, редкие элементы, метаморфизм углей.

D. A. SKIBA (VSEGEI)

Peculiarities of the geological structure, rocks and coal quality of the Alkatvaam coal-bearing region of the Bering coal basin (new data)

The geological and tectonic structure of the Bering coal basin has been specified; a methodology for the preliminary determination of small-amplitude geological separations in coal seams was compiled; facies environments of coal formation are identified, described in detail and traced along the section; an assumption was made about the predominant role of thermal-regional metamorphism in the process of coal formation; the geochemical specialization of coals, as well as associated useful components that are potentially of industrial importance, have been preliminarily determined.

Keywords: hard coal, Bering coal basin, facies analysis, trace elements, coal metamorphism.

Для цитирования: Скиба Д. А. Особенности геологического строения и качество углей Алькатваамского угленосного района Беринговского каменноугольного бассейна (новые данные) // Региональная геология и металлогения. – 2022. – № 92. – С. 41–49. DOI: 10.52349/0869-7892_2022_92_41-49

Введение. Беринговский каменноугольный бассейн расположен в южной части Чукотского автономного округа, на географических территориях Корякского нагорья и Анадырской низменности. Внутри бассейна можно выделить несколько угленосных районов, схожих по геологическому строению: Алькатваамский, Амаамский и Бухты Угольная [7]. Помимо собственно районов, как более крупных структур, на территории бассейна выделяются небольшие по площади угленосные впадины и углепроявления: Губы Гавриила, Лагуны Аринай, Лагуны Забытая, Песчаное.

Фактический материал и методика исследования. Сбор фактического и теоретического материала производился автором во время участия в комплексе поисковых, геологоразведочных

и добычных работ на площади Беринговского каменноугольного бассейна, проводимых компанией «Берингпромуголь».

Материал получен при опробовании угольных пластов, пропластков и их контактов с кровлей и подошвой в скважинах колонкового бурения на стадиях поисково-оценочных и эксплуатационных работ. Отбор проб осуществлялся бороздовым и штуфным способом. Бороздовым способом отбирались пластово-дифференциальные пробы в рамках производственных задач компании, производившей поисково-оценочные и эксплуатационные работы. Отобрано более 2000 проб. Минимальная мощность интервалов опробования составляла 0,05 м для неоднородных по строению пластов. Для пластов однородного строения отбирались пробы мощностью не более 1 м. Штуфные пробы отбирались из каждой лито-

логической разности пласта, при однородном строении пласта – каждые 0,2 м. Всего отобрано 203 штуфные пробы. Пробы анализировались в лаборатории SGS (г. Новокузнецк) и на базе Томского политехнического университета.

Петрографические исследования углей проводились в шлифах и аншлифах. Прозрачные угольные шлифы изготавливались на базе ВСЕГЕИ им. А. П. Карпинского. Аншлиф-штуфы изготавливались ВСЕГЕИ им. А. П. Карпинского, МГУ им. М. В. Ломоносова. Анализировались в лаборатории ВСЕГЕИ им. А. П. Карпинского, МИСиС, МГУ им. М. В. Ломоносова.

Отбор проб для литологических исследований производился из керна скважин поисково-оценочного бурения, а также при полевых маршрутных исследованиях. Прозрачные минеральные шлифы изготавливались на базе Уральского государственного университета.

Фактический материал по малоамплитудной тектонике представляет собой значительный объем ежедневной полевой геологической документации и опробования бортов угольного разреза, а также разведочного бурения во время проведения добычных работ.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ Excel и Statistica

Составление карт производилось с помощью программных пакетов AutoCad, MapInfo, Micromine и ArcGis.

Стратиграфия, литология и фациальный анализ. Литология Аькатваамского угленосного района была мало изучена относительно соседних районов Беринговского угольного бассейна. В основном она базируется на сопоставлении ее с ближайшими территориями (поле шахты Угольная, Амаамский район). Для уточнения

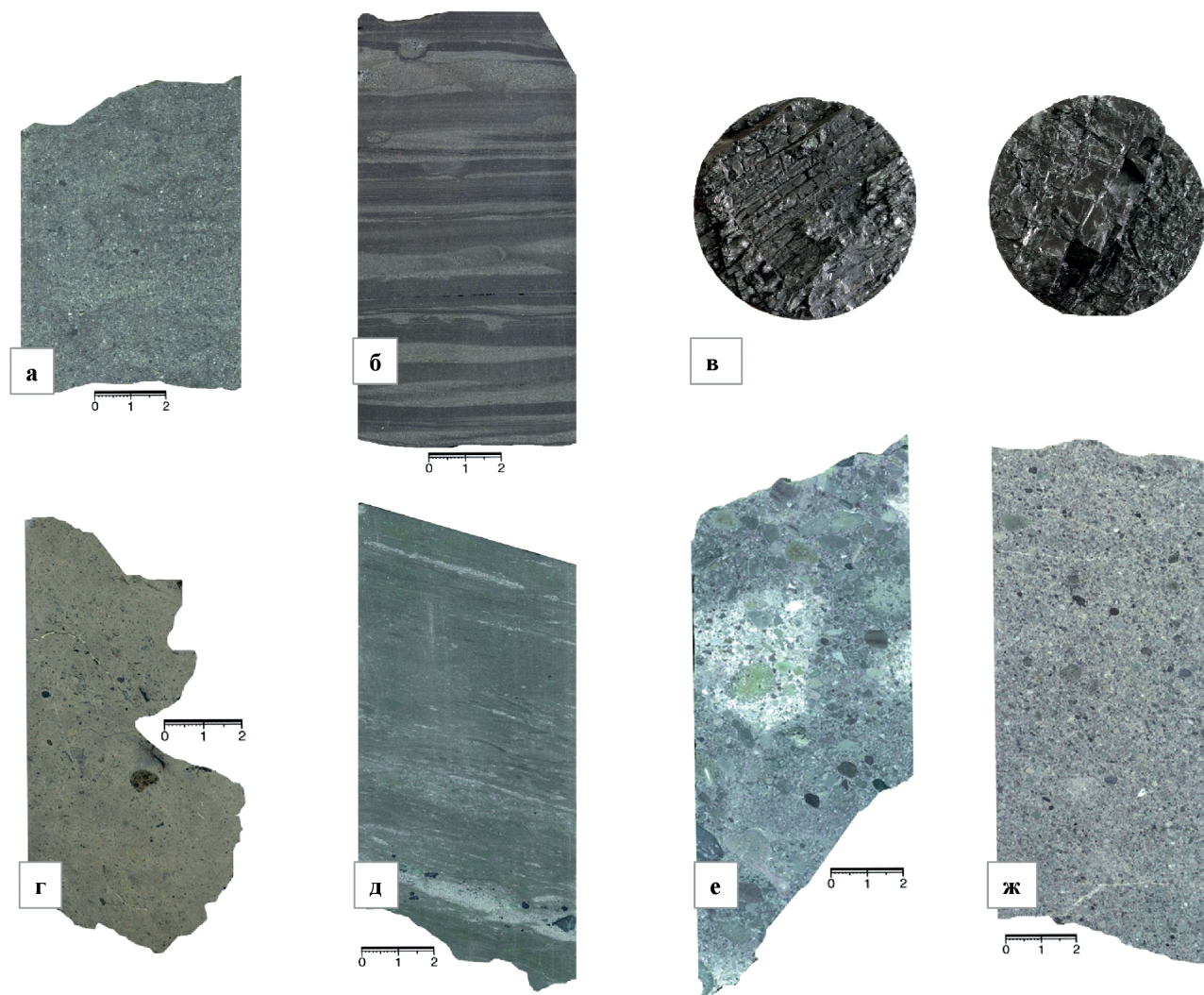


Рис. 1. Комплекс отложений корякской свиты верхней подсвиты (K_2kr_2) в районе развития угольного пласта «Одинокий».

Перекрывающие отложения: *а* – переходные отложения; *б* – маркирующий горизонт «полосатики»; *в* – уголь, пласт «Одинокий»; *г* – подпочва угольного пласта. **Подстилающие уголь отложения:** *д* – алевроаргиллиты, отложения прибрежных частей заливов; *е, ж* – разнозернистые песчаники, отложения подножий склонов

обстановок древнего торфонакопления отобраны образцы характерных отложений корякской свиты верхней подсвиты верхнего мела и чукотской свиты нижней подсвиты нижнего палеогена на флангах месторождения Фандюшкинское Поле.

Алькатваамский угленосный район в области распространения пласта «Одинокий» отличается довольно выдержанным разрезом. Для него характерен узнаваемый набор литотипов, представленный в основном песчаниками и алевролитами.

Корякская свита, верхняя подсвита (K_2kr_2) состоит в основном из континентальных образований — гравелитов, песчаников, алевролитов, углистых алевроаргиллитов, алевроаргиллитов и углей. По расположению в разрезе и по отношению к угольному пласту их можно разделить на четыре группы — перекрывающие уголь, угольная пачка, подпочва угольного пласта и подстилающие уголь породы (рис. 1).

Подстилающие отложения. Здесь располагаются характерные алевроаргиллиты пепельно-серого цвета с небольшими по мощности прослоями тонкозернистого песчаника и алевролита светлого-серого цвета. Равномерная зернистость садового материала, неотчетливая пологоволнистая слоистость может свидетельствовать о достаточно спокойной, малоподвижной обстановке осадкообразования. Прослои крупнозернистого алевролита и тонкозернистого песчаника с плохоокатанными зернами углисто-туфогенного состава говорят о незначительном стороннем привносе материала, источник которого, вероятно, располагался поблизости. Можно сделать предположение о том, что порода сформирована в обстановке заливно-лагунного побережья и отнести к фации БЗА — песчано-алевролитовых осадков прибрежных частей заливов (здесь и далее использованы классификации фаций и сокращения по материалам [1; 2]). Ниже по разрезу алевроаргиллиты сменяются разнозернистыми микролитовыми полевошпатовыми граувакками. В составе пород много карбонатов, кремнистого вещества и вулканического материала, предположительно, занесенного в процессе седиментации из ранее образованных вулканических пород. Текстурно-структурные признаки породы, такие как плохая сортированность и окатанность зерен, намекающая слоистость, отсутствие органического материала свидетельствуют о динамичной среде осадкообразования и близости источника сноса. Можно предположить, что порода была сформирована в неуравновешенных условиях, вблизи вулканических эффузивных пород, с достаточно большой скоростью, поэтому ее следует отнести к фации КДП — песчано-алевроито-глинистых осадков подножий склонов [1; 2]. Особенности подстилающих уголь отложений — наличие туфогенного материала, включений плохо окатанных обломков магматических и осадочных пород, слоистость. Мощность отложений 80–150 м.

Подпочва угольного пласта представлена углистыми аргиллитами, аргиллитами, тонкозернистыми алевролитами, часто с отпечатками

растений, углефицированным детритом. Данный тип отложений можно отнести к фации глинисто-алевролитовых слабоуглистых осадков застойных и слабопроточных участков зарастающих озер (ОЗО) [2]. Средняя мощность отложений, определяемая по керну буровых скважин, составляет не более 3 м, в среднем 0,5–1,0 м.

Угольная пачка. Угольные отложения представлены углем с прослоями аргиллитов, углистых аргиллитов и алевролитов с большим количеством отпечатков растений. Накопления исходного материала торфяников, предположительно, протекало в обстановке лагунно-болотно-озерного углеобразования [2]. Об этом свидетельствуют как структурно-текстурные признаки, так и комплексное рассмотрение выше- и нижезалегающих пород. Наличие конкреций сидерита является дополнительным индикаторным признаком лагунной обстановки. О лагунной обстановке косвенно свидетельствуют также форма и размеры угольной залежи пласта «Одинокий» — залежание в виде лунообразной моноклинали, уменьшающаяся мощность отложений по падению и флангам. Похожую обстановку, вероятно всего, можно увидеть в современное время в области лагуны Лахтина. Мощность пачки — до 30 м.

Перекрывающие отложения. Характерные породы «маркер», по которым четко диагностируется положение в надугольной части разреза — так называемые «полосатики». «Полосатики» представляют собой чередование тонкозернистых песчаников, алевролитов и гравелитов, овеществляя несколько генетически близких сменяющихся фациальных обстановок. Ведущей обстановкой является обстановка КПП (песчано-гравийных и галечниковых осадков потоков конуса выноса рек — аллювиальных, пролювиальных отложений), прерываемых обстановками ОЗО (глинисто-алевролитовых осадков застойных и слабопроточных озер) [1; 2]. По-видимому, в прошлом здесь располагалась обширная долина, с течением времени перемещающаяся по латерали. Некоторые ее части периодически лишались активного речного питания и привноса осадочного материала, превращаясь в участки слабопроточных озер. Средняя мощность горизонта «полосатиков» — 25 м.

Чукотская свита, нижнечукотская подсвита ($P_{1-2}ck_1$). В отложения чукотской свиты нижнечукотской подсвиты можно выделить четыре типа отложений по разрезу снизу вверх: маркирующий базальный горизонт гравелитов, песчаники, маркирующий горизонт алевроаргиллитов с прослоем песчаников в средней и верхней частях разреза (рис. 2).

Маркирующий базальный горизонт гравелитов представлен отложениями потоков конусов выноса (КПП) [1]. Для горизонта характерна невыдержанная мощность: от нескольких сантиметров до 5 м. По минеральному составу порода представляет собой кварцевую граувакку. Плохая окатанность и сортированность зерен, вероятно, указывает на незначительное перемещение материала. В шлифе

внешний вид кварца и полевых шпатов аналогичен вышезалегающим отложениям, что может говорить о едином источнике сноса и об отсутствии значительных изменений рельефа. Обломки пород представлены эффузивными породами (кислые, средние) микрокварцитами и кремнями, встречаются обломки радиоляритов в виде сферических образований в кремнистой породе.

Горизонт песчаников состоит из песчаников светло-серого цвета, от тонкозернистых до среднезернистых. Постепенное укрупнение осадочного материала от кровли к подошве. Для верхней части горизонта характерна мелкая косая слоистость, отсутствие органики. Состав обломков: кварц 20 %, ПШ 40 % (плагиоклаз и ортоклаз), эффузивы 40 %, предположительно, отложения подводной части дельты (БДД) [1]. Для нижней части горизонта характерна массивная текстура, минеральный состав соответствует кварцевым грауваккам. В шлифе встречается пирит, в виде включений в другие минералы. Максималь-

ная концентрация наблюдается по трещинам. В цементе пирит отсутствует, то есть пиритизация, вероятно, произошла до цементации песчаника. Нижнюю часть горизонта можно отнести к речным русловым отложениям (АРД) [1]. Смена фациальной обстановки постепенная, наблюдается плавный переход. Такая смена может быть вызвана постепенным опусканием рельефа, без резких тектонических подвижек. Мощность горизонта по керну буровых скважин – 50–60 м.

Маркирующий горизонт алевроаргиллитов. Алевроаргиллиты имеют темно-серый цвет, массивную текстуру. Встречаются рассеянные отпечатки обломков двустворок, единичные включения углефицированного детрита. В верхней части слоя – ходы червей. Массивная текстура и тонкая структура породы предполагает осадконакопление в спокойных условиях. Рассматривая данную часть разреза в комплексе с подстилающими отложениями, можно предположить, что она относится к подгруппе мелководно-бассейновых

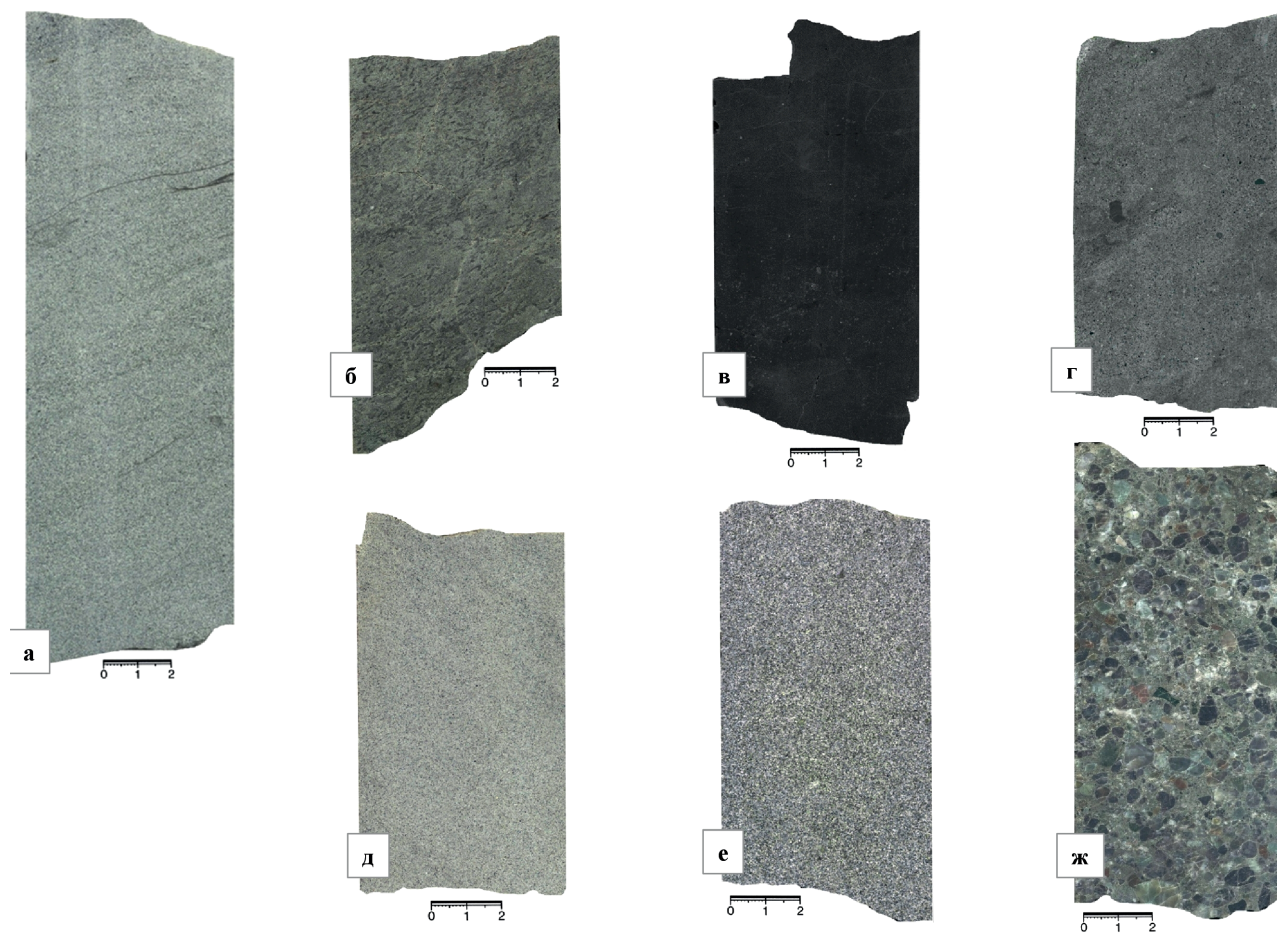


Рис. 2. Комплекс отложений нижнечукотской и среднечукотской подсвит ($P_{1-2} \check{C}k_{1-2}$) в районе развития пласта «Одинокий»

Среднечукотская подсвита: а – песчаные отложения конусов выноса рек. *Нижнечукотская подсвита:* маркирующий горизонт алевроаргиллитов: б – верхняя часть разреза на контакте со среднечукотской подсвитой, следы биотурбаций и обломки аргиллитов; в – основная часть разреза, мелководно-бассейновая подгруппа, отложения полуизолированного малоподвижного мелководья; г – средняя часть разреза. Горизонт песчаников: д – отложения конусов выноса рек (подводная часть дельты); е – отложения приустьевых частей равнинных рек (русловые отложения речных долин). Маркирующий базальный горизонт гравелитов: ж – отложения потоков конусов выноса

отложений, фации песчано-алевритовых осадков малоподвижного мелководья (БПП). В средней части разреза наблюдается интервал, фиксирующий изменение условий на более динамичные, что выражается укрупнением структуры породы и появлением литокластов. Мощность данного интервала — порядка 25 м. Общая мощность маркирующего горизонта алевроаргиллитов — порядка 150 м.

Среднечукотская и верхнечукотская подсвиты ($P_{1-2} \check{C}k_{2-3}$). В статье нет задачи подробно рассмотреть отложения средне- и верхнечукотской подсвит. Ниже приводится лишь их краткая характеристика.

Для низов среднечукотской подсвиты описан горизонт песчаников (рис. 2).

Горизонт песчаников среднечукотской подсвиты. Песчаники светло-серые тонко-мелкозернистые. Предположительно относятся к фации конусов выноса рек (КПП) [1]. В это время здесь, вероятно, происходит постепенное поднятие рельефа с последующим переходом к новому циклу углеобразования. Мощность горизонта — около 65 м.

Выше по разрезу среднечукотской подсвиты, над горизонтом песчаников расположена угленосная толща. Она состоит из 7–8 угольных пластов мощностью от 1 до 4 м, с преобладанием 1–1,5 м. Межпластья представлены алевролитами, аргиллитами и мелкозернистыми песчаниками. Общая мощность угленосной толщи составляет порядка 110–120 м.

Верхнечукотская подсвита представлена тонко-мелкозернистыми песчаниками, переслаивающимися с алевролитами. В верхней ее части встречаются маломощные угольные пласты. Общая мощность подсвиты составляет порядка 150 м на флангах месторождения Фандюшкинское Поле и до 350 м по Беринговскому бассейну.

Общая мощность отложений верхнекоряжской подсвиты и чукотской свиты составляет порядка 1500 м.

Особенности тектонического строения.

Беринговский бассейн сформировался во время кайнозойской складчатости в регионе и располагается в пределах коряжской складчатой зоны. Главной особенностью тектонического строения бассейна является система брахисинклинальных структур субширотного простирания, к которым и приурочены угольные районы и месторождения. В современном рельефе эти структуры представлены депрессиями, ограниченными линией морского побережья. Обрамляющие их горные возвышенности представляют собой своды и крылья антиклинальных поднятий. Северо-восточные и юго-западные границы тектонических структур осложнены крупными зонами разломов протяженностью около 40 км (более 100 км в районе губы Гавриила) и шириной 5–10 км. Углы падения на крыльях брахисинклиналей достигают 40–50°. Они разбиты системой разрывных нарушений более низкого порядка, образовав систему тектонических блоков [7].

Характерной особенностью большинства угольных месторождений является наличие малоамплитудной тектоники, усложняющей процесс эксплуатации. Основная сложность обнаружения малоамплитудной тектоники в угольных залежах заключается в том, что очень редко удается достоверно зафиксировать положение таких разрывов прямыми методами геологической разведки (проходкой горных выработок: бурение, траншеи и др.). К Алякватваамскому угленосному району приурочено разрабатываемое месторождение каменного угля Фандюшкинское Поле, угледобыча на котором дала возможность изучить малоамплитудные смещения угольных пластов непосредственно при их вскрытии и отработать методику прогнозирования малоамплитудной тектоники.

Малоамплитудные смещения в угольных пластах имеют явное постседиментационное происхождение, поскольку приурочены к приповерхностной зоне угленосной толщи мощностью до 30 м, где могло значительно проявляться влияние внешней среды и мерзлоты. Эти разрывные нарушения чаще представлены сбросами, реже взбросами со средней амплитудой смещения 2–7 м. Они разбивают приповерхностные части месторождения на блоки размером 5–30 м.

Угленосность. Характер и масштабы угленосности в пределах всего Алякватваамского района пока не изучены достаточно детально и требуют дополнительных разведочных работ. Угольные пласты здесь приурочены к разрезам верхнекоряжской и среднечукотской подсвит.

Угленосность *верхнекоряжской подсвиты* изучена на месторождении Фандюшкинское Поле и его флангах, где выявлен угольный пласт «Одинокий». Пласт имеет высокую промышленную ценность, но пока нигде более в пределах Алякватваамского района не обнаружен. В случае подтверждения наличия в верхнекоряжской свите промышленной угленосности по всей территории района (наряду с отложениями среднечукотской подсвиты) она будет являться первоочередным объектом поисков углей.

Мощность пласта «Одинокий» составляет минимально 1–2 м, скважинами вскрыта мощность до 35 м. В среднем она составляет порядка 10–15 м. Пласт имеет сложное строение, среднее количество породных прослоев — 5–7; их мощность варьирует от первых сантиметров до 10–15 м. Они представлены алевроаргиллитами, углистыми аргиллитами, мелкозернистыми песчаниками. Наибольшее количество породных прослоев приурочено к нижним пачкам. В угле встречаются прожилки кальцита и линзы сидерита.

Пласт «Одинокий» состоит из четырех угольных пачек: Нижняя 1, Нижняя 2, Верхняя 1 и Верхняя 2, которые можно характеризовать как самостоятельные пласты. По степени выдержанности пачки Нижняя 1 и Нижняя 2 соответствуют невыдержанным пластам. Наибольшая мощность (7–10 м) и относительно простое строение

Таблица 1

Микрокомпонентный состав углей и минеральные примеси

Подсвита	Мацеральный состав, Vt/Sv/I/L, %	Минеральные примеси, МІ %
Среднечукотская	92/2/4,8/1,2	7,5
Верхнекорякская	55,5/16/28,1/0,34	5,3

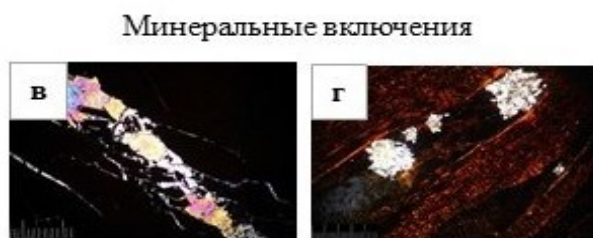
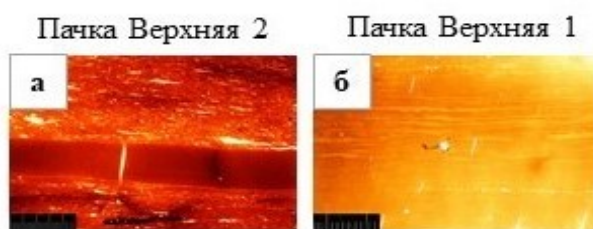
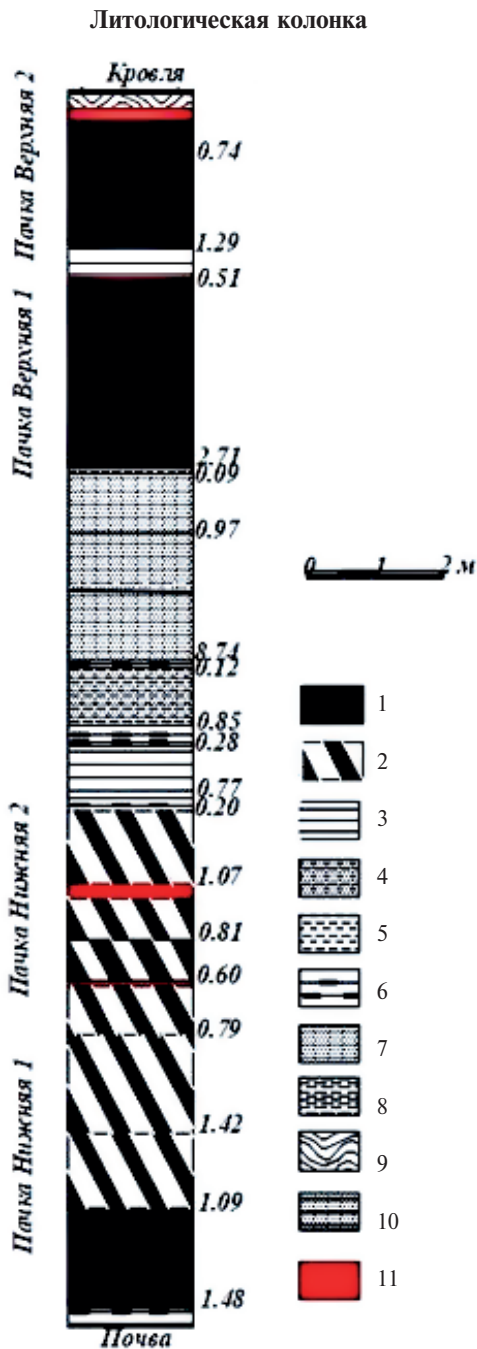


Рис. 3. Строение пласта «Одинокий» по пачкам
 1 – блестящий уголь; 2 – полублестящий уголь; 3 – аргиллит; 4 – переслаивание алевролита и песчаника; 5 – алевролит; 6 – углистый аргиллит; 7 – песчаник; 8 – глина; 9 – суглинок, супесь; 10 – переслаивание аргиллита и песчаника; 11 – потеря зерна

Рис. 4. Микрофотографии углей. Пласт «Одинокий». Проходящий свет, увеличение ×300

нижних пачек характерны для восточной части месторождения. Выклинивание, расщепление и потеря рабочей мощности происходит в юго-западном направлении и по падению пласта. Пачка Верхняя 1 соответствует выдержанным пластам, а пачка Верхняя 2 — невыдержанным. Наиболее мощной (в среднем 2–3 м, иногда более 5 м) является пачка Верхняя 1. Она и является основным продуктивным пластом. Мощность пачки Верхняя 2 не превышает 1–1,5 м. В центральной части месторождения, а также вблизи выходов пластов под наносы, угольные пачки обычно сближаются и пласт приобретает компактное строение.

На всей площади распространения *среднечукотской подсвиты* установлено наличие угольных пластов (в том числе с промышленными характеристиками) в среднем порядка 5–7 угольных пластов простого строения мощностью 1–3 м. Максимальная угленосность разреза приходится на западную часть района — 7–8 угольных пластов мощностью от 0,5 до 5 м. В центральной части района установлено до 13 пластов, пять из которых имеют мощность более 1 м. Угленосность уменьшается вверх по разрезу. Мощность междупластий составляет 10–50 м. К кровле угольных пластов приурочены мелкозернистые песчаники, к почве — преимущественно алевроаргиллиты. Общая мощность угленосных отложений составляет до 300–360 м.

По горно-геологическим условиям Алякватваамский район потенциально перспективен для выявления угольных пластов под открытую добычу, за исключением центральных горных частей, где глубина погружения продуктивных горизонтов предполагается весьма значительной.

Запасы и прогнозные ресурсы. Прогнозные ресурсы по категориям $P_3 + P_2 + P_1$ составляют порядка 520 815 тыс. т, запасы категории C_2 — 503 64 тыс. т.

Петрография. *Растения-углеобразователи.* В поздне меловое время в формировании торфяников принимали в основном участие лиственно-хвойные леса, в которых доминировали представители кипарисовых и сосновых, багрянниковые и березовые. Различные папоротники и сфагновые мхи играли менее значительную роль и произрастали в основном в подлеске или пойме рек. В палеоцен-эоценовое время основную роль в составе растений торфообразователей играли таксодиевые и сосновые. Среди споровых преобладали полиподиевые, сфагновые мхи, папоротники осмундовые и глейхениевые [3].

Особенности петрографического строения углей пласта «Одинокий». Общий микрокомпонентный состав углей верхнекоряжской подсвиты Алякватваамского района приведен в табл. 1.

На рис. 3 показано строение пласта «Одинокий» по пачкам. Макроскопически угли черные, полублестящие и блестящие имеют неотчетливо-штриховатую и полосчатую макроструктуру. Для них характерен угловато-ступенчатый излом,

призматическая отдельность. Отличительная особенность — выраженные трещины кливажа с пленкой кальцита (рис. 1, в). Микроструктура фрагментарная и аттитово-фрагментарная. Текстура слоистая, линзовидно-горизонтальная, горизонтальная, волнисто-горизонтальная. Встречаются прослои с глинистым веществом. Наличие карбонатов в виде округлых стяжений, по трещинам и порам, клеточным полостям в инертините также является довольно характерной чертой данных углей (рис. 4, в, з) [4]. Наблюдаются признаки термального преобразования углей: наличие и значительное развитие в мацеральном составе так называемого псевдоинертинита (участки потемнения витринита), пористость в ОВ, наличие карбонатного материала по порам и трещинам (рис. 4).

Метаморфизм углей. В соответствии с ГОСТ 25543-2013, угли Алякватваамского района относятся к маркам ГЖ (среднечукотские) и Ж (верхнекоряжские). Среднечукотские угли имеют показатель отражения витринита 0,76 %, что соответствует II стадии метаморфизма. Угли верхнекоряжской подсвиты имеют показатель отражения от 1,0 до 1,03 % — III стадия метаморфизма (табл. 2). Для достижения данных стадий метаморфизма мощность перекрывающих отложений должна быть не менее 3000 м, на территории Алякватваамского района она составляет около 1500 м. С учетом описанных выше особенностей петрографического состава углей, а также принимая во внимание невысокую мощность угленосных и перекрывающих отложений, можно предположить, что угли верхнекоряжской подсвиты образовались в результате термально-регионального, а не только регионального метаморфизма [9].

Качество углей. Основные усредненные параметры качества углей приведены в табл. 2 и табл. 3 [5].

Угли среднечукотской подсвиты. Недостаточная степень метаморфизма (марка ГЖ) в купе с повышенными содержаниями серы делают угли пригодными в основном для сжигания. Небольшая мощность пластов, постепенный переход энергетической промышленности на более экологичные источники энергии обуславливают их невысокую рыночную значимость.

Угли верхнекоряжской подсвиты. По содержанию золы угли относятся к мало- и среднезольным. Наименьшей средней зольностью характеризуется пачка Верхняя 1 — 11,6 %. На больших участках месторождения в данной пачке зольность составляет 5–8 %, что обеспечивает высокий потенциал давать коксующийся уголь напрямую, без обогащения. Средняя зольность углей нижних пачек составляет 23,0 %. По обогатимости нижние пачки пласта относятся к категориям средней и трудной и очень трудной обогатимости.

Значения аналитической влажности увеличиваются вверх по разрезу. Наименьшими средними

Качественные характеристики углей

Подсвита	W ^a , %	A ^d , %	V ^{daf} , %	Q ^{Sdaf} МДж/кг	Q _{ir} , МДж/кг	St ^d , %	P ^d , %	x, мм	y, мм	Ro, %
Среднечукотская	1,2	12,5	39,6	35,45	27,16	2,7	0,06	37	25	0,76
Верхнекорякская	1	21,1	30	34,9	28,5	0,39	0,06	29	14	1,02

значениями характеризуется пачка Нижняя 1 – 1,0 %, наибольшими – пачка Верхняя 1 – 1,1 %.

Средние значения выхода летучих веществ по пластам изменяются от 28,7 до 32,19 %. Наименьшими значениями характеризуется пачка Нижняя 1, наибольшими – пачки Верхняя 2 и Нижняя 2.

Угли относятся к низкосернистым (<1,5 %). В пачке Верхняя 2 некоторые пластовые пробы показывают повышенные содержания серы (до 4,92 %), что в целом не сказывается на валовых характеристиках, где средние содержания редко превышают 0,25–0,30 %.

Угли характеризуются как фосфористые (более 0,03 %). Содержание фосфора по средним значениям составляет 0,01–0,07 %. Повышенные значения отдельных пластовых проб приурочены в основном к нижним пачкам.

Содержание хлора варьирует от 0,01 до 0,08 %.

Направления использования (по ГОСТу 24543-88): пригодны для слоевого коксования в шихте с углями других марок; слоевого и пылевидного сжигания в котловых агрегатах ГРЭС и ТЭЦ, а также для коммунальных и бытовых нужд; производства строительных материалов – извести.

Попутные компоненты. Впервые установлено, что в углях корякской свиты содержания некоторых редких и рассеянных металлов достигают и даже иногда превышают минимально-промышленные концентрации в россыпных, силикатных и других типах руд [6]. Содержание таких эле-

ментов как гафний (в среднем 53,3 г/т), скандий (в среднем от 45,9 до 53,3 г/т), редкоземельные элементы в сумме (иттербий, тербий, лютеций, самарий, церий, неодим, европий, лантан, в среднем от 36,6 до 475,8 г/т), стронций (в среднем от 423,7 и 1117,68 г/т) и цинк (в среднем от 232,3 до 709,5 г/т) [8].

Результаты и выводы. Формирование будущей угленосной толщи, предположительно, происходило в условиях прибрежно-морской обстановки лагунно-болотно-озерного углеобразования. Территория могла представлять собой приморскую низменность с увалисто-холмистым рельефом, в наиболее погруженные участки которой временами вторгалось море. Древнее торфонакопление развивалось, предположительно, вдоль речных дельт.

Тектонические условия были спокойными. Геотектонический режим, обусловивший циклическое строение осадков, определялся слабыми нисходящими, периодически затухающими, блоковыми движениями фундамента на протяжении всего времени формирования вмещающей осадочной толщи, что привело к ее невысокой (сотни метров) мощности.

Основной снос обломочного материала в процессе формирования угленосных отложений шел со стороны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, так как в составе зерен обломочных пород преобладают эффузивы (до 50 %). В верхних пачках угольного пласта зольность снижается, становится совсем невысокой (5–8 %), это может говорить о том, что Беринговская территория торфонакопления в это время находилась значительно дальше от области размыва и сноса обломочного материала (находилась на возвышенности).

Климат эпохи торфонакопления был гумидным, субтропическим. Древнее торфонакопление происходило в аллохтонно-автохтонных условиях привноса и местного произрастания и отложения растительного материала при преобладании аллохтонии. В древних торфяниках накапливались в низинных условиях остатки высших растений при преобладании древних хвойных.

Образование коксующихся углей Алякватва-амского района в условиях невысокой (немного более 1,5 км) мощности вмещающей осадочной толщи, вероятно, обязано характеру исходного растительного материала, богатого смолами (от хвойных растений), происшедшим диагенетическим процессам его сохранения в осадках

Таблица 3

Элементный состав органического вещества углей

Подсвита:	C ^{daf} , %	H ^{daf} , %	N ^{daf} , %	O ^{daf} , %	Sorg ^{daf} , %
Среднечукотская, средние значения	86,5	5,4	0,96	6,8	0,42
Верхнекорякская, средние значения	86,6	5,2	0,9	7,0	0,42
По пластам:					
Пачка Верхняя 2	86,84	5,31	1,15	5,95	0,76
Пачка Верхняя 1	87,42	5,30	1,11	5,88	0,31
Пачка Нижняя 2	85,20	5,15	1,08	8,24	0,32
Пачка Нижняя 1	86,49	5,01	1,03	7,16	0,29

и особенно — ввиду происшедшего угольного метаморфизма — предположительно не только регионального, а термально-регионального, и происходивших в регионе активных магматических процессов.

Состав элементов-примесей в углях отражает геохимическую и металлогеническую специализацию пород области сноса и рудных проявлений региона. Ряд элементов-примесей углей потенциально может быть пригоден для попутного извлечения, что повышает практическую ценность использования углей.

1. Алексеев В. П. Атлас субаквальных фаций нижне-меловых отложений Западной Сибири (ХМАО Югра). — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. — 284 с.

2. Алексеев В. П. Угленасыщенность, петрографический состав и метаморфизм углей тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) / В. П. Алексеев, Д. Д. Журавлева, Т. Ф. Красковская, Н. В. Пронина, В. И. Русский, Л. И. Свечников, Ю. Н. Федоров. Под. ред. В. П. Алексеева. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. — 158 с.

3. Баранова Ю. П. Стратиграфия континентальных отложений палеогена и неогена Северо-Востока СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1977. — № 8. — С. 38–52.

4. Волкова Г. М., Скиба Д. А., Добрякова Н. Н. Особенности петрографического строения углей Беринговского бассейна (Алькатваамский район, месторождение «Фандюшкинское поле») // Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев: Материалы Всероссийской научной конференции. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2019. — С. 24–25.

5. Вялов В. И. Коксующиеся угли Арктической зоны России / В. И. Вялов, А. Б. Гуревич, Г. М. Волкова, Д. А. Скиба, Е. П. Шишов, А. А. Чернышев // Георесурсы. — 2019. — № 21 (3). — С. 111–129.

6. Вялов В. И., Наставкин А. В. Уровни содержания промышленно ценных микроэлементов в углях // Химия твердого топлива. — 2019. — № 5. — С. 63–67.

7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист R-60 — мыс Наварин. Объяснительная записка. — СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. — 162 с.

8. Скиба Д. А., Кузеванова Е. В., Шишов Е. П. Элементы-примеси в углях месторождения Фандюшкинское поле (Беринговский каменноугольный бассейн, Чукот-

ка) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2021. — № 1. — С. 64–75.

9. Фандюшкин Г. А. Метаморфизм углей Беринговского каменноугольного бассейна // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. — 2016. — № 4. — С. 37–42.

1. Alekseev V. P. Atlas subakval'nykh fatsii nizhnemelovykh otlozhenii Zapadnoi Sibiri (KhMAO Yugra) [A tlas of subaqueous facies of the Lower Cretaceous deposits of Western Siberia (KhMAO Yugra)]. Ekaterinburg, IUGGU, 2014, 284 p.

2. Alekseev V. P., Russkii V. I., Fedorov Yu. N. et al. Ugle-nasyshchennost', petrograficheskiy sostav i metamorfizm ugley tyumenskoi svity Shaимского нефтегазоносного района (Zapadnaya Sibir') [Coal saturation, petrographic composition and metamorphism of coals of the Tyumen suite of the Shaim oil and gas region (Western Siberia)]. Ekaterinburg, UGGU, 2006, 158 p.

3. Baranova Yu. P. Stratigraphy of continental sediments of the Paleogene and Neogene of the North-East of the USSR. Russ. Geol. Bull. 1977, vol. 8, pp. 38–52. (In Russian).

4. Volkova G. M., Skiba D. A., Dobryakova N. N. Peculiarities of the petrographic structure of coals of the Bering Basin (Alkatvaam region, Fandoushkinskoe Pole deposit). Geochemistry of oil and gas, source rocks, coal and oil shale: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference. Syktyvkar, IG Komi NTS URO RAN, 2019, pp. 24–25. (In Russian).

5. Vyalov V. I., Gurevich A. B., Volkova G. M., Skiba D. A., Shishov E. P., Chernyshev A. A. Coking coals of the Arctic zone of Russia. *Georesources*. 2019, vol. 21, iss. 3, pp. 111–129. (In Russian, in English).

6. Vyalov V. I., Nastavkin A. V. Levels of content of industrially valuable microelements in coals. *Solid fuel chemistry*. 2019, vol. 5, pp. 63–67. (In Russian).

7. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (novaya seriya). List R-60 — mys Navarin. Ob'yasnitel'naya zapiska. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (new series). Sheet R-60 — Cape Navarin. Explanatory note]. St. Petersburg, VSEGEI, 2001, 162 p.

8. Skiba D. A., Kuzevanova E. V., Shishov E. P. Trace elements in the Fandyushkinskoe pole coal deposit (Bering coal basin, Chukotka). *Izvestiya of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering*. 2021, vol. 1, pp. 64–75. (In Russian).

9. Fandyushkin G. A. Metamorphism of coals of the Bering coal basin. News of higher educational institutions. *Geology and exploration*. 2016, vol. 4, pp. 37–42. (In Russian).

Скиба Дарья Александровна — аспирант, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <dariaskib@bk.ru>

Skiba Darya Aleksandrovna — Graduate Student, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106. <dariaskib@bk.ru>