

**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ**

УДК [552.16:553.93/.96](571.65)

МЕТАМОРФИЗМ УГЛЕЙ БЕРИНГОВСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

Г.А. ФАНДЮШКИН

*Закрытое акционерное общество «Северо-Тихоокеанская угольная компания»
121069, Россия, г. Москва, Столовый переулок, д. 6, офис 300; e-mail: Gennadiy.Fandyushkin@npcc-com.ru*

Установлено, что основной вид метаморфизма углей в Беринговском бассейне региональный. По степени углефикации угли бассейна изменяются от длиннопламенных до жирных (I—III стадии метаморфизма). Степень метаморфизма углей в бассейне возрастает со стратиграфической глубиной и с увеличением мощности перекрывающих их толщ. Наиболее метаморфизованные угли приурочены к местам наибольших прогибов, наименее метаморфизованные — к конседиментационным поднятиям. Уточнена область распространения коксующихся углей в бассейне. Степень метаморфизма углей в Беринговском бассейне изучалась преимущественно по отражательной способности витринита.

Ключевые слова: угольный бассейн; угленосный район; угленосная впадина; метаморфизм углей; марочный состав углей; катагенез пород; отражательная способность витринита.

BERINGOVSKY BASIN COALS METAMORPHISM

G.A. FANDYUSHKIN

*Closed Joint Stock Company «Northern Pacific Coal Company»
Russia, Moscow, 121069, 6 Stolovy Lane, office 300; e-mail: Gennadiy.Fandyushkin@npcc-com.ru*

Main type of coals metamorphism in Beringovsky basin is stated to be regional. According to the degree of carbonification coals of the basin change from long-flame to fat (the I-III stages of a metamorphism). A degree of a metamorphism of deposited coals increases with stratigraphic depth and with increase of the thicknesses of strata covering them. The most metamorphosed coals are dated to the places of the greatest deflections, the least metamorphosed — to the consedimentation raisings. The area of distribution of the coked coals in the deposit is specified. A degree of a metamorphism of the coals in the Beringovsky basin was studied mainly on the basis of the reflective ability of a vitrinite (RAV).

Keywords: coal basin; carboniferous region; carboniferous hollow; metamorphism of coals; branded composition of coals; catagenesis of rocks; reflective ability of a vitrinite.

В [2—4] автор касался вопросов метаморфизма углей Северо-Востока России. Речь шла в основном о региональных закономерностях. За последние 10 лет появились новые данные, а с ними и возможность более глубокого анализа геологических материалов по метаморфизму углей на примере конкретных угольных месторождений Северо-Востока России. Здесь речь пойдет о метаморфиз-

ме углей одного из самых отдаленных угольных бассейнов России — Беринговского, расположенного на юго-востоке Чукотки. Используются фактические материалы, полученные автором на протяжении 40 лет изучения Беринговского бассейна.

В структурном плане Беринговский каменноугольный бассейн приурочен к одноимённому прогибу размерами около 100 100 км. В геологическом

строении прогиба участвует мощный (9—15 км) комплекс терригенных и вулканогенных морских, лагунных и континентальных образований мезозоя и кайнозоя с возрастным диапазоном от поздней юры до эоцена включительно. Прогиб осложнён складчатостью более высоких порядков и многочисленными тектоническими нарушениями типа сбросов и надвигов. На общем фоне складчатости в прогибе выделяется ряд крупных мульдообразных впадин, выполненных угленосными отложениями верхнего мела (корякская свита) и палеогена (чукотская свита). По размерам, строению и характеру угленосности данные структуры близки между собой. Протяженность их в среднем составляет 35—40 км, ширина — 6—12 км. С точки зрения иерархии угленосных образований эти структуры отвечают рангу угленосных районов в составе бассейна. В настоящее время угленосные впадины представляют собой не что иное, как сохранившиеся от размыва останцы, разделённые антиклинальными поднятиями. Основные угленосные районы в бассейне — Амаамский, Алякватваамский и Бухта Угольная (рис. 1). Мощность сохранившихся от размыва отложений чукотской свиты в них составляет: в Бухте Угольной 800, Алякватваамском 1000, Амаамском 1200 м. Промышленная угленосность бассейна связана с отложениями как корякской, так и чукотской свит. Число рабочих пластов угля в корякской свите 2—3, в чукотской — 5—7. По степени углефикации угли бассейна изменяются от длиннопламенных до жирных, что соответствует I—III стадиям метаморфизма.

С конца 30-х гг. прошлого века и до 1995 г. включительно геолого-разведочные работы в бассейне проводились в основном в угленосном районе Бухта Угольная, в 40-х гг. в небольших объёмах — в Амаамском районе. При этом остальные угленосные районы оставались совершенно не изученными. Ситуация изменилась в 2007 г. С 2008 по 2015 гг. на площадях Амаамского и Алякватваамского угленосных районов пробурено более 500 колонковых скважин суммарным объёмом 65 000 м, открыто четыре новых месторождения коксующихся углей. Ресурсный потенциал бассейна оценивается в 3 млрд. т.

Реконструкция истории тектонического развития Беринговского прогиба позволяет предположить, что в период формирования угленосных толщ разные его части испытывали различные амплитуды и скорости прогибания. Об этом свидетельствует следующее. От флангов к центральной части прогиба увеличивается мощность как всего разреза в целом, так и отдельных свит, подцвет и горизонтов. В этом же направлении в разрезе отмечается увеличение процентного содержания морских фаций. Повсеместно отмечается цикличность строения угленосной толщи пород, что нашло отражение в чередовании фаций. Общая картина осадко-

накопления, бесспорно, осложнялась конкретными палеогеографическими и гидрографическими обстановками, однако характер тектонических движений, вероятнее всего, являлся основным фактором, определившим строение осадочной толщи как в вертикальном, так и в латеральном направлениях.

Степень метаморфизма углей в бассейне изучалась преимущественно по отражательной способности витринита (R_0). Были использованы 350 определений, в том числе 242 — по углям чукотской свиты и 108 — по углям корякской свиты. В качестве дополнительных показателей степени метаморфизма углей использовались выход летучих веществ (V^{daf}), содержание углерода (C^{daf}), тепло-творная способность (Q_s^{daf}) и толщина пластического слоя (y). Число анализов этих показателей составляет более 10 000.

Анализ геологических материалов показал, что основной вид метаморфизма углей в Беринговском бассейне региональный, обусловленный воздействием повышающихся температуры и давления на угленосные отложения при их погружении в процессе формирования. Проявлений контактового

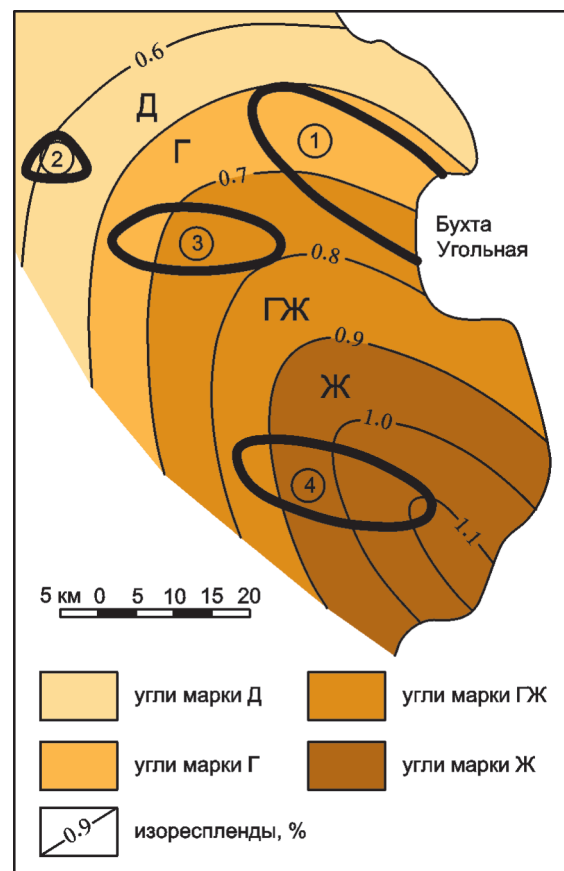


Рис. 1. Схема метаморфизма углей среднечукотской подсвиты Беринговского бассейна; угленосные районы: 1 — Бухта Угольная, 2 — Песчаный, 3 — Алякватваамский, 4 — Амаамский

(магматермического) метаморфизма в пределах бассейна до настоящего времени не установлено.

Степень преобразованности углей в бассейне изменяется по R_0 в пределах 0,65—1,36 %, при этом минимальные значения R_0 характеризуют периферийные части прогиба, максимальные — его центральную и южную части. Рост абсолютных значений R_0 в одновозрастных горизонтах в направлении от флангов прогиба к его центральной части объясняется увеличением палеоглубин погружения угленосных отложений.

Анализ распределения значений показателя отражения витринита (ОСВ) по разрезу и площади позволил реконструировать в историко-тектоническом плане процесс катагенетического преобразования органического вещества (ОВ) углей и сделать вывод о неоднородности катагенеза углей в пределах бассейна. Эта неоднородность, по мнению автора, обусловлена различием в максимальных глубинах погружения его центральной и краевых частей.

В основу проведения реконструкции палеоглубин погружения были взяты данные по глубокой нефтепоисковой скважине Р-35, расположенной в граничащей с Беринговским прогибом Хатырской зоне, не испытывавшей в палеоген-неогеновое время значительных инверсий [1]. Эти данные выражены в виде графика зависимости R_0 от глубины отбора проб (рис. 2). Наложение средних значений R_0 по угленосным впадинам Беринговского бассейна на кривую зависимости R_0 от глубины погружения осадков по скважине Р-035 позволило реконструировать масштабы и максимальные глубины

погружения угленосных отложений чукотской свиты палеогена (рис. 2, 3).

Реконструкция максимальных глубин погружения показала, что в Амаамской впадине она составляла около 4000—4500 м (угли марки Ж), в Алькатваамской структуре — 3000—3500 м (угли марок Г и ГЖ), в Бухте Угольной — 2500 м (угли марки Г), а в районе углепроявления Песчаное вряд ли превышала 1000—1500 м (угли марки Д). Усредненные мощности зон углей I, II и III стадий метаморфизма в Беринговском бассейне составляют около 1 км каждая. Сопоставление полученных данных со шкалами метаморфизма основных угольных бассейнов России и стран СНГ показало их близкие значения.

Характер изменения основных показателей качества углей Беринговского бассейна в процессе метаморфизма также соответствует темпам и типу изменений, присущих углям соответствующих стадий метаморфизма большинства угольных бассейнов России (табл. 1).

Учитывая, что в настоящее время в краевой и центральной частях Беринговского прогиба на поверхность выходят одновозрастные толщи, достоверным представляется предположение о более мобильном тектоническом режиме осевой и южной частей прогиба по сравнению с его крыльями; наиболее контрастными эти движения были во второй половине эоцена и в олигоцене.

Региональному метаморфизму углей в бассейне присуща как глубинная, так и латеральная зональность. Наиболее четко проявилась связь метаморфизма со стратиграфической глубиной. Во всех

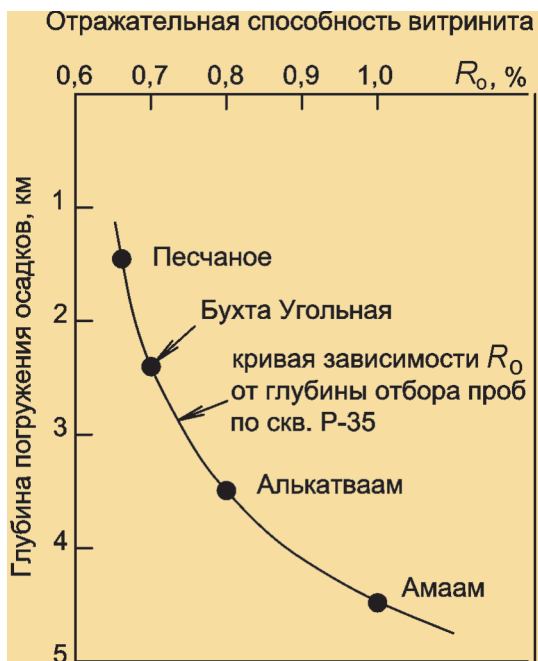


Рис. 2. График зависимости показателя отражения витринита от глубины погружения осадков по нефтепоисковой скважине Р-35

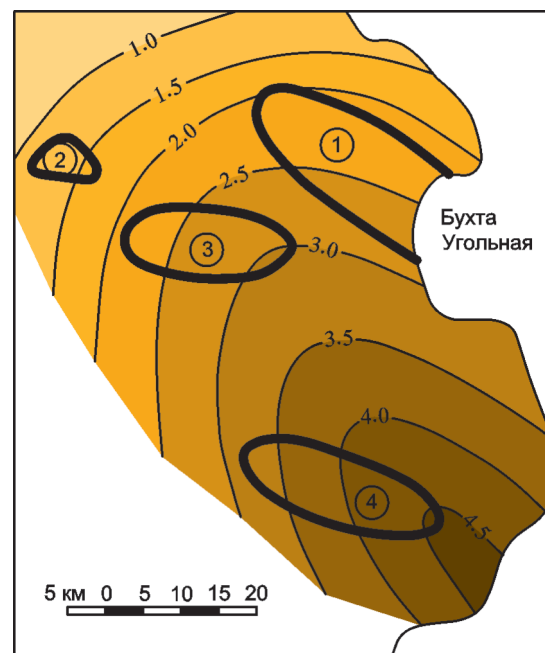


Рис. 3. Реконструкция палеоглубин (км) погружения отложений среднечукотской подсвиты Беринговского бассейна; усл. обознач. см. рис. 1

Таблица 1

Изменение показателей качества угля чукотской свиты в процессе метаморфизма по площади Беринговского бассейна

Показатели	Угленосные впадины			
	Песчаная	Бухта Угольная	Алькатваамская	Амаамская
	Стадии метаморфизма			
	I (Д)	II (Г)	II – III (ГЖ)	III (Ж)
$R_0, \%$	0,65	0,70	0,79	1,02
$V_{daf}, \%$	43,8	42,4	35,7	32,6
$C_{daf}, \%$	73,7	81,4	83,1	86,0
$Q_{s^{daf}}, \text{МДж/кг}$	30,1	34,2	35,0	35,1
$y, \text{мм}$		12	15	22

Таблица 2

Изменения степени метаморфизма углей со стратиграфической глубиной и по площади Беринговского бассейна

Угленосные структуры	Свиты					
	чукотская (палеоген)			корякская (верхний мел)		
	Мощность, м	$\frac{R_0, \%}{\text{число анализ}}$	Стадия метаморфизма	Мощность, м	$\frac{R_0, \%}{\text{число анализ}}$	Стадия метаморфизма
Песчаная	500	$\frac{0,65}{5}$	I (Д)			
Бухта Угольная	800	$\frac{0,70}{20}$	II (Г)	250	$\frac{0,80}{5}$	II-III (ГЖ)
Алькатваамская	1000	$\frac{0,79}{40}$	II-III (ГЖ)	300	$\frac{1,0}{100}$	III (Ж)
Амаамская	1200	$\frac{1,02}{177}$	III (Ж)	350	$\frac{1,04}{3}$	III (Ж)

Таблица 3

Рост степени метаморфизма углей со стратиграфической глубиной

Скв. 10-021		Скв. 10-017		Скв. 09-001		Скв. 10-020		Скв. 12-107	
Глубина, м	$R_0, \%$	Глубина, м	$R_0, \%$	Глубина, м	$R_0, \%$	Глубина, м	$R_0, \%$	Глубина, м	$R_0, \%$
80	1,08	82	0,99	282	1,06	44	1,03	42	0,66
96	1,10	104	1,03	301	1,13	47	1,05	44	0,68
121	1,12	121	1,06	389	1,18	69	1,11	130	0,70
154	1,14	181	1,10			112	1,14	132	0,78
169	1,18					134	1,17	137	0,75
175	1,19							193	0,8

угленосных структурах бассейна угли верхнемеловой корякской свиты, по сравнению с углями палеогеновой чукотской свиты, более метаморфизованы (табл. 2).

Аналогичная связь прослеживается не только в масштабах бассейна, но и по отдельным угленосным впадинам. В качестве примера рассмотрим Амаамскую брахисинклиналь, которая также, как и бассейн в целом, в современном плане представлена рядом сохранившихся от размыва останцов, разделённых антиклинальными поднятиями (рис. 4). По Амаамской впадине были проанализированы результаты измерений отражательной способности витринита по 170 образцам, отобранным из керна 30 буровых скважин. Разброс значений R_0 по разрезу и площади Амаамской впадины сосредоточен в диапазоне от 0,66 до 1,36 %. По аналогии с бас-

сейном в Амаамской брахисинклинали также четкое прослеживается рост степени метаморфизма со стратиграфической глубиной. Этот факт зафиксирован абсолютно по всем опробованным скважинам. Примеры распределения значений R_0 по глубинам приведены в табл. 3, из которой видно, что прирост R_0 с глубиной составляет 0,10 %, или 0,01%, на каждые 10 м разреза.

Также отчетливо, как и глубинная зональность, в Беринговском бассейне проявлены и площадные закономерности регионального метаморфизма. Для выявления площадных закономерностей изменения углей в пределах угленосного района построена схематическая карта метаморфизма пласта I и геологический разрез вкрест простираения структуры (рис. 4). Изореспленды (линии равных значений отражательной способности витринита)

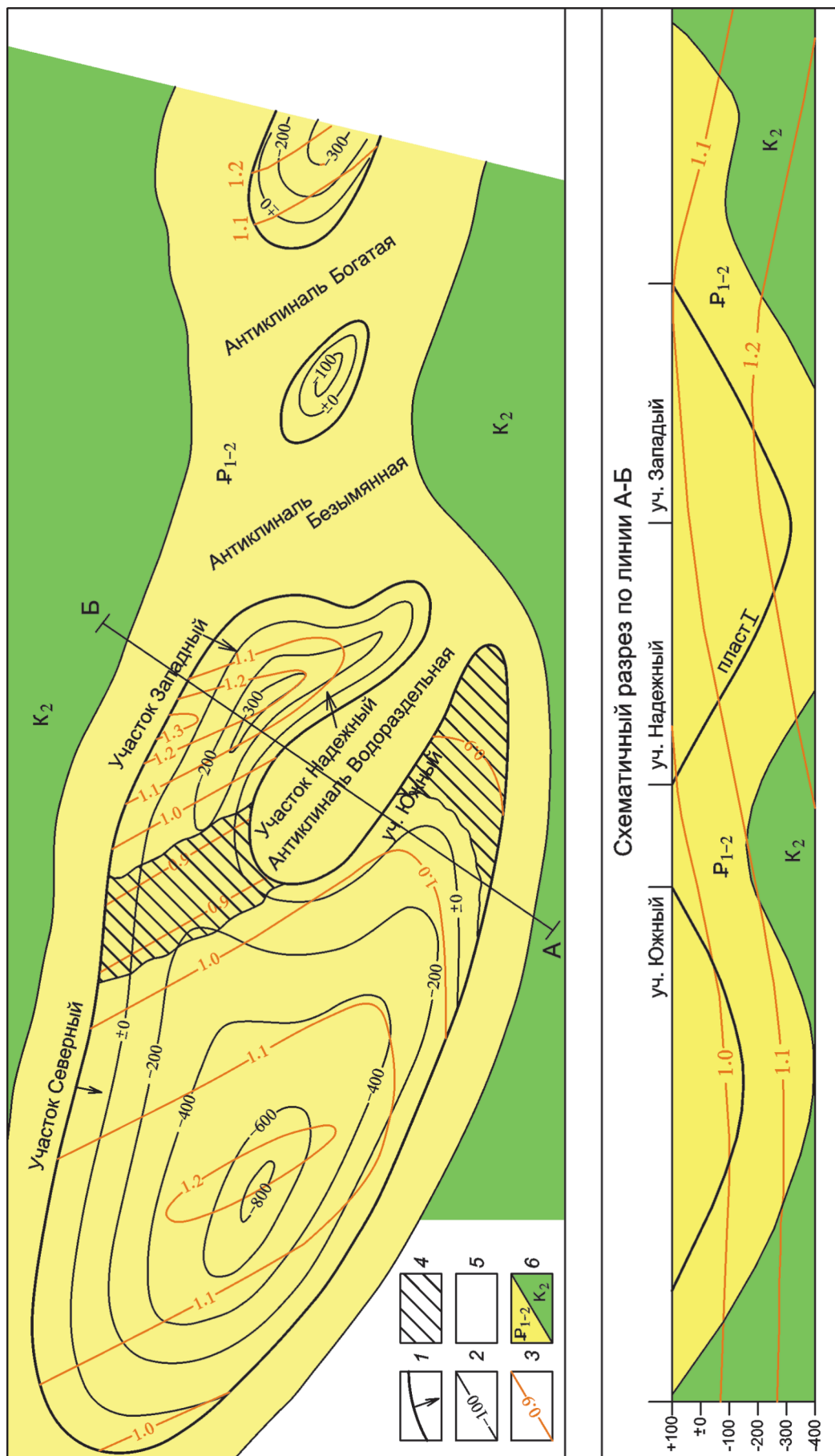


Рис. 4. Схематическая карта метаморфизма пласта I Амаамской впадины: 1 – выход пласта I под наносы, 2 – изогипсы по подошве пласта I (м), 3 – изореспленды (%), 4 – угли марки ГЖ, 5 – угли марки Ж, 6 – геологические границы

на них проведены с интервалом в одну десятую процента. Анализ показал, что пласт I на площади Амаамской впадины содержит угли двух марок — ГЖ и Ж. Наиболее метаморфизованные угли марки Ж с R_0 1,2—1,3% в момент максимального погружения находились в местах наибольших прогибов (участки Западный и Надежный) и, наоборот, менее метаморфизованные угли марки ГЖ с R_0 0,8—0,9% приурочены к конседиментационным поднятиям (антиклинали Водораздельная, Безымянная и Богатая), где они перекрывались значительно меньшей толщиной осадков. В современном плане в пределах антиклиналей Безымянная и Богатая, угленосные отложения полностью денудированы.

Не менее отчетливо прослеживается связь усиления степени метаморфизма углей и с увеличением мощности отложений. Как правило, менее метаморфизованные угли залегают в менее мощной толще пород; это хорошо видно по углям как чукотской, так и корякской свит (табл. 2). Но, в на-

шем случае такой вывод следует делать осторожно, особенно в отношении чукотской свиты. Дело в том, что, как отмечалось выше, отложения чукотской свиты в Беринговском бассейне в значительной степени денудированы, и какая их часть размыта в той или иной впадине установить довольно сложно. По предварительным расчётам процессами денудации уничтожено около трёх четвертей от мощности первично накопившихся осадков. Если принять во внимание мощности сохранившихся отложений чукотской свиты по угленосным впадинам, приведённые в табл. 2, то мощности первично накопившихся отложений в их контурах составляли: Песчаная 1500—2000, Бухта Угольная 2500—3000, Аькатваамская 3500—4000 и Амаамская 4000—4500 м. Эти данные хорошо согласуются с результатами реконструкции палеоглубин погружения угленосных отложений чукотской свиты, отображенными на рис. 3. Можно предположить, что денудация отложений проходила с равномерной скоростью по всей площади бассейна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воропаев В.Н., Мазор Ю.Р., Фандюшкин Г.А. Особенности строения и формирования угленосных отложений Беринговского прогиба // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 1984. № 6. С. 36—42.
2. Фандюшкин Г.А. Закономерности углеобразования в системе мезозой и кайнозой Северо-Востока России: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: Изд-во МГУ, 2006. 40 с.
3. Фандюшкин Г.А. Метаморфизм углей Северо-Востока России // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25. № 3. С. 19—28.
4. Фандюшкин Г.А. Метаморфизм углей Северо-Востока России // Геология угольных месторождений: Межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во. УГГГА, 2005. Вып. 15. С. 166—175.

УДК 553.411 (571.61)

ЗОЛОТОРУДНЫЕ ФОРМАЦИИ ПРИАМУРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

В.А. СТЕПАНОВ¹, А.В. МЕЛЬНИКОВ²

¹Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН
683002, Россия, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30; e-mail: vitstepanov@yandex.ru

²Институт геологии и природопользования ДВО РАН
675000, Россия, Благовещенск, пер. Релочный, 1; e-mail: anton_amur@mail.ru

Установлено, что в пределах Приамурской провинции позднемезозойского возраста широко развиты месторождения и рудопроявления золотокварцевой, менее — золотосульфидно-кварцевой, золотосеребряной и золотополиметаллической формаций. Они являются основными продуцентами рудного золота и определяют металлогеническую специализацию провинции. Реже встречаются месторождения и рудопроявления золотосульфидной и золотомедно-молибден-порфировой формации, а также рудопроявления золотоскарновой, золотортутной, золоторедкометалльной и золотосурьмяной формаций. Показано, что в центральной части провинции преобладают месторождения и рудопроявления золотокварцевой, а на периферии — золотосульфидно-кварцевой и золотосеребряной формаций. Перспективы наращивания сырьевой базы рудного золота связываются, главным образом, с месторождениями золотосульфидно-кварцевой, золотокварцевой и золотосеребряной, в меньшей степени золотополиметаллической формаций.

Ключевые слова: провинция; месторождение; рудная формация; золото.