

Г. И. КРЫЛОВА, С. С. ГОРОХОВ, В. С. ЛЕБЕДЕВ

О ГЕНЕЗИСЕ УГЛИСТО-ГРАФИТОВЫХ ПОРОД МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЮЖНОГО УРАЛА

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 31 X 1973)

Как показали исследования последних лет, рассеянное органическое вещество присутствует в различных осадочных комплексах геосинклинальных областей и платформ от докембрия до фанерозоя включительно (^{1, 2}). В древних толщах породы, первично обогащенные органическим компонентом, обычно метаморфизованы и превращены в углисто-графитовые, или «черные», сланцы, кварциты, гнейсы и т. д. На Южном Урале подобные образования широко распространены в пределах Восточно-Уральского поднятия в составе Адамовского, Джабык-Карагайского, Кочкарского антиклинориев и по всему разрезу метаморфических толщ осевой зоны региона — антиклинория Уралтау. Породы метаморфизованы в условиях фации зеленых сланцев, частично амфиболитовой фации. Возраст пород датируется в широком диапазоне — от среднего рифея до среднего палеозоя. Многие исследователи считают, что породы, слагающие эти структуры, разновозрастны и полностью или частично сопоставимы между собой (^{3, 4}).

Углисто-графитистые породы упомянутых структурно-фациальных зон приурочены к стратифицируемым толщам и встречаются в различных парапородах. Распределение углисто-графитового пигмента весьма неравномерно. Как правило, концентрация его меняется послойно или со сменой петрографических разновидностей, совпадающей с ритмичностью осадконакопления. Реже наблюдается кустовое обогащение графитом отдельных участков породы. В зонах активных дислокаций и разломов отмечается дифференциация углисто-графитового вещества не только по направлению течения и скольжения, но и по системам тонких трещин или по границам рассланцованных обломков брекчий. Характер распределения углисто-графитового материала и его приуроченность к породам заведомо осадочного происхождения позволяет констатировать органическую природу присутствующих в них углеродистых соединений, что подтверждается также данными изотопного анализа (табл. 1). Определения атомарного состава углерода углисто-графитового вещества показывают содержание в нем преимущественно легкого углерода с колебаниями значений δC^{13} от $-1,8$ до $-2,90$ ‰, что характерно для углерода органического происхождения (^{1, 5}). Близкие значения изотопного состава графитоидных образований из метаморфизованных отложений Карелии и других регионов приведены в работах А. В. Сидоренко с соавторами (¹).

Процессы метаморфизма по-разному отразились на степени изменения органических соединений. Для сравнения степени «ографичивания», т. е. метаморфизма органического вещества, был применен метод скоростного термического анализа 40 образцов горных пород из всех вышеупомянутых структурно-фациальных зон развития метаморфических отложений **.

* Анализы произведены на приборе МИ-1305 относительным компенсационным методом. Точность измерений $0,05-0,1\%$. Пересчет произведен относительно Чикагского стандарта PDB ($\delta C^{13}, \text{‰}$).

** Измерения осуществлялись в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, аналитик Н. С. Горохова. Средняя скорость нагрева 85 град/мин. Установка ТУ-1. Среднее содержание в образцах углисто-графитового вещества не превышало $2-3\%$.

Результаты изотопного анализа углерода из метаморфических комплексов пород Южного Урала

№ обр.	$\delta^{13}C$, ‰	Характеристика породы	Возраст
Адамовский антиклинорий			
P-536	-2,18	Графитовый сланец с биотитом	$C_{12} - v_1$
P-634	-2,18	Графито-углистый сланец	То же
P-439	-1,81	Графитовый сланец	» »
P-1354	-2,57	Зеленый сланец с графитовым веществом	O — S
P-1359	-2,13	То же	То же
Антиклинорий Уралтау			
36	-2,65	Рассланцованный графитовый кварцит	Rf
1021	-2,56	Графитовый сланец	То же
1068	-2,90	» »	» »
10804	-2,72	» »	» »
28	-2,47	Графитовый кварцит	» »

Наиболее характерные термограммы приведены на рис. 1. В пределах каждого комплекса пород изученных структур Южного Урала получены определенные вариации в проявлении термических эффектов. Особенно сходны по термическим свойствам породы нижнекаменноугольного возраста Адамовского и Джабык-Карагайского антиклинориев, метаморфизованные в низких степенях фации зеленых сланцев. Для них характерны начало выгорания углисто-графитовых компонентов в интервале $570-650^\circ$ ($\pm 20^\circ$) и максимумы экзотермических эффектов при $650-730^\circ$. Смещение максимумов выгорания в пределах указанных температур каких-либо закономерностей не обнаруживает. В зеленых сланцах ордовика — силура (рис. 1; обр. №№ P-1354, P-3067) концентрация углисто-графитового вещества невысокая (менее 0,5%), что подчеркивается низкими амплитудами экзотермических эффектов, с температурными интервалами, соответствующими породам зеленосланцевой фации других комплексов.

Графитистые разности докембрийских пород антиклинория Уралтау в целом характеризуются некоторым смещением начала экзотермических эффектов ($500-530^\circ$) и их максимумов ($580-640^\circ$) в область более низких температур, хотя общая степень метаморфизма исследованных пород также относится к зеленосланцевой фации.

Явление более высокой степени графитизации вещества в зонах активных тектонических подвижек хорошо фиксируется по смещению максимумов экзотермических эффектов выгорания углисто-графитового вещества в область повышенных температур. В образцах, отобранных из участков, прилегающих к разломам, осложняющим Адамовский антиклинорий, наблюдается четкое смещение экзотермических эффектов в область более высоких температур (рис. 2). Аналогичное смещение отмечается для обр. № 28 (рис. 1), отобранного близ Главного Уральского разлома Уралтауского антиклинория. Обычно же для пород из тектонически активных участков начало экзотермических эффектов фиксируется при температуре около $690-710^\circ$, а раздваивающиеся максимумы занимают интервал $690-890^\circ$, значительно отличаясь от общего фона остальных пород.

Своеобразное строение термограмм углисто-графитового вещества имеют раннепалеозойские породы Кочкарского антиклинория, претерпевшие метаморфизм в условиях алмаздин-амфиболитовой фации (рис. 1, обр. №№ C-1271, C-1375). Кроме кривых типа обр. № C-1375 (графитистые кварциты) с одним четким максимумом, некоторые графитсодержащие по-

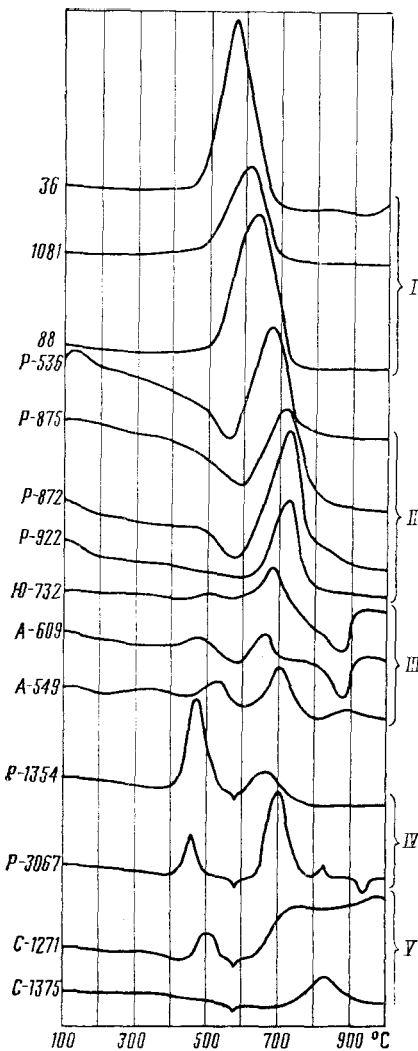


Рис. 1

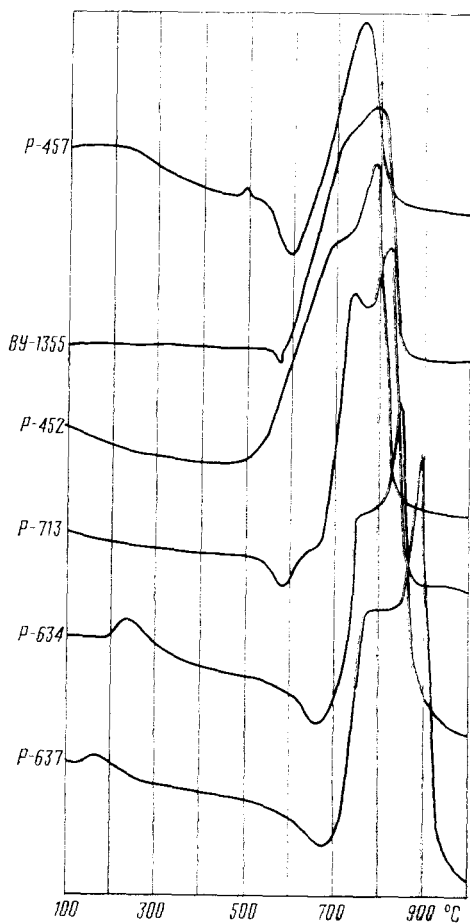


Рис. 2

Рис. 1. Термограммы углисто-графитовых пород различных структурно-фациальных зон Южного Урала, размещенные по возрастанию степени метаморфизма. I – антиклинорий Уралтау, Rf; II – Адамовский антиклинорий, $C_1t_2-v_1$; III – Джабык-Карагайский антиклинорий, $C_1t_2-v_1$; IV – Адамовский антиклинорий, O – S; V – Кочкарский антиклинорий, Pz₁ (?). I–IV – зеленосланцевая фация метаморфизма; V – амфиболитовая фация метаморфизма. Обр. №№ А-609, А-549, Р-1354, Р-3067, С-1271 содержат примеси сульфидов железа и кварц; обр. №№ Ю-732, А-609, Р-3067 – доломита или кальцита

Рис. 2. Термограммы графитовых пород из зон тектонических деформаций Адамовского антиклинория и Арамилско-Сухтелинского мегасинклинория Восточно-Уральского поднятия (обр. № ВУ-1355)

роды этого района имеют многовершинные плавные максимумы, свидетельствующие о широком диапазоне выгорания вещества. Известно, что двойные максимумы экзоэффектов наблюдаются при наличии в породах скрыто- и явно кристаллического графита (⁶, ⁷); за счет последнего и проявляется в данном случае эффект при 800 и 950°.

Таким образом, методом изотопного анализа в сочетании с общегеологическими и петрографическими исследованиями однозначно установлено, что углисто-графитовые образования в метаморфических породах Южного

Урала обязаны своим происхождением органическому веществу, прошедшему сложный путь эволюционного преобразования в результате различных геологических процессов. Характер термических эффектов отражает степень этих преобразований и позволяет сравнивать интенсивность метаморфизма пород в межрегиональном масштабе. Данные термического анализа, к сожалению, нельзя использовать для установления качественного состояния «черного» пигмента, так как термограммы антрацитов, скрытокристаллических графитов и некоторых углеводородов могут быть сходными (*). Изучение вещественного состава углисто-графитовых образований требует применения других методов исследования.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
синтеза минерального сырья
г. Александров

Поступило
18 X 1973

Всесоюзный научно-исследовательский институт
ядерной геофизики и геохимии
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. В. Сидоренко и др., ДАН, т. 206, № 2 (1972). ² А. В. Сидоренко, X Всесоюзн. литология. совещ. Тез. докл., М., 1973. ³ С. С. Горохов, Тр. Геол. инст., в. 124 (1963). ⁴ И. Д. Соболев, Геологическая карта Северного, Среднего и Восточной части Южного Урала, Л., 1968. ⁵ Ф. А. Алексеев и др., Изотопный состав углерода природных углеводородов и некоторые вопросы их генезиса, М., 1967. ⁶ Б. А. Блюман и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 8 (1969). ⁷ Т. В. Маринина, Т. Н. Красавина, В сборн. Термоаналитические исследования в современной минералогии, «Наука», 1970.