



КАЙНОЗОЙСКИЕ КРАСНОЦВЕТНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ АЗИИ: ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВАРИАЦИЙ СОДЕРЖАНИЙ Al_2O_3 И CO_2

С.В. Рассказов^{1,2}, А.В. Миколайчук³, В.Л. Коломнец⁴, Р.Ц. Будаев⁴, М.В. Усольцева⁵,
Йи-минь Сунь⁶, Чжэньхуа Сие⁶, Чэнь Янг⁶, И.С. Чувашова^{1,2}, Т.А. Чикишева^{1,2},
А.И. Хассан², А. Аль Хомуд², Р. Алокла²

¹ Иркутск, Институт земной коры СО РАН, rassk@crust.irk.ru

² Иркутск, Иркутский государственный университет

³ Бишкек, Кыргызстан, Центрально-Азиатская геолого-геофизическая ассоциация

⁴ Улан-Удэ, Геологический институт СО РАН, kolom@gin.bscnet.ru

⁵ Иркутск, Лимнологический институт СО РАН, usmargina@inbox.ru

⁶ Удаляньчи, Китай, Институт вулканов и минеральных источников Хэйлунцзянской Академии наук

Цвет осадочных отложений используется в качестве важнейшего признака стратиграфической идентификации слоев при изучении обнажений и документации керна скважин. Красный цвет, обусловленный наличием гематита (охры), отражает окислительные условия осадко-накопления, серый и другие цвета – менее окислительные. Восстановленность железа до закисной формы выражается в зеленовато-серых и фиолетово-зеленых тонах. Слои красной и серой окраски часто выступают в контрастных соотношениях. Красноцветные отложения образуются в условиях тропиков и субтропиков (гумидный климат) и пустынь (аридный климат). Развитое химическое выветривание ведет к накоплению Fe_2O_3 и Al_2O_3 . Красноцветы аридного литогенеза содержат карбонаты в составе осадков (в основном кальцит и доломит), наличие которых определяется по содержанию CO_2 . Красноцветы гумидного литогенеза отличаются отсутствием карбонатов.

В настоящей работе проводится анализ разновозрастных красноцветных отложений Внутренней Азии на предмет распространения пород с высокими содержаниями Al_2O_3 и CO_2 для фиксации, соответственно, латеритных кор выветривания (продуктов их размыва) и карбонатсодержащих толщ. В образцах из разрезов разных районов Азии выполнены определения петрогенных оксидов методом мокрой химии. Представляют интерес, прежде всего, отложения, соответствующие первичному химическому составу осадка (или слабо отличающиеся от него). В результате циркуляции водных растворов, несущих растворенные элементы (CO_2 , CaO и др.), отложения могли претерпевать существенные изменения.

Возраст отложений. Сугубо красноцветными отложениями во Внутренней Азии обозначен палеоценовый климатический оптимум (61–55 млн лет). В Средней и Южной Гоби (Центральная Монголия) красноцветные осадочные отложения сочетаются с вулканическими породами, датированными К–Аг методом в интервале 65–41 млн лет. В Юго-Западной Монголии к палеоцену предварительно относятся красноцветные осадочные отложения, залегающие на нерасчлененной равнине в левобережной части р. Халхин-Гол. В Среднем и Северном Тянь-Шане (Кыргызстан) красноцветные отложения сулутерекской свиты, залегающей на поверхности выравнивания, перемежаются с базальтовыми лавами, датированными методом $^{40}Ar/^{39}Ar$ интервалом 61–53 млн лет. В Байкальском регионе отмечалось несколько местонахождений палеоценовых отложений и кор выветривания. В основании разреза кайнозойских отложений, имеющих состав латеритов и бокситов и залегающих в небольших впадинах Предбайкальского прогиба, палеоцен-эоценовый возраст (до маастрихта) колсахайской и каменской свит подтвержден С.Ф. Павловым и др. результатами анализа спор и пыльцы. Надежное палеонтологическое обоснование приведено нами для разновозрастных отложений Западного Забайкалья. Возраст 60-метровой вулканогенно-осадочной толщи, вскрытой скважинами на Еловском отроге (Тункинская долина), предполагался П.А. Хлыстовым и Л.В. Дехтяревой исходя из высокоглиноземистого состава осадочных пород. Предположительно, палеоценом датировались также фраг-

менты красноцветных кор выветривания на о-ве Ольхон (оз. Байкал), не обладающие, однако, высокой глиноземистостью.

Чередование слоев красноцветных и сероцветных отложений началось в разрезах Внутренней Азии, по крайней мере, с рубежа эоцена и олигоцена. Действие Азиатского муссона, обусловленное поднятием Гималайско-Тибетского горного сооружения на высоту более 5000 м, ощущалось по распространению лессов на территории Китая с 22 млн лет назад. Отложения угленосной танхойской свиты Байкальской системы впадин (гипостратотип – разрез р. Половинка) датированы в Тункинской долине миоценом – нижним плиоценом по палеонтологическим данным, согласованным с К–Аг датировками базальтовых лав. Озерные отложения свиты окрашены в монотонные серые и кремовые тона. В основании разреза юго-западной части Баргузинской впадины (районы Уро и Бодон) скважинами вскрыт горизонт красноцветных отложений, который может коррелироваться с красноцветными прослоями в толще Тагайского залива о-ва Ольхон (халагайская свита по Н.А. Логачеву или тагайская свита по В.Д. Мацу). Красноцветная толща разреза Серафимовка (Киргизский хребет) накапливалась до 11 млн лет назад перед воздыманием хребта [1].

Для переходных слоев плиоцена–плейстоцена показателен разрез осадочных отложений, перекрытых базальтовым лавовым потоком Лаошантоу (район Удаляньчи, север бассейна Сунляо, Северо-Восточный Китай). Поток перекрыл красноцветный аллювий с прослоями темно-коричневых глин, жирных на ощупь. Красноцветные отложения подстилаются сероцветными. Осадочные слои смещены многочисленными сбросами с амплитудой смещения от первых десятков сантиметров до первых метров. Осадки поднятых участков эродированы. Лавовый поток лег на неровную поверхность. Видимая мощность красноцветного аллювия в опущенных блоках превышает 4 м, а в поднятых блоках сокращается до первых сантиметров. Судя по К–Аг-датировке лавового потока 2.52 ± 0.06 млн лет, переход от сероцветных отложений к красноцветным приблизительно соответствовал рубежу плиоцена–квартера (2.588 млн лет) или несколько предшествовал этому рубежу. В 481-метровой скважине района Хуайнан (равнина Хубей) сероцветные отложения составляют нижнюю часть разреза возрастного интервала 8.0–2.5 млн лет и сменяются монотонной красноцветной толщей [2]. В отличие от Северо-Восточного Китая, в плейстоцене Прибайкалья красноцветные слои чередовались с сероцветными.

Вариации содержаний CO_2 и A_2O_3 . Переход от сероцветных отложений танхойской свиты к красноцветным аносоской свиты при слабой литификации в разрезе Баргузинской впадины резко выражен в возрастании отношения $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ от интервала 0.13–3.00 к интервалу 3.0–13.9. Систематические изменения выявляются при сопоставлении состава отложений Баргузинской впадины с составом современного осадка дельты р. Селенга, в котором определены содержания $\text{CO}_2 < 0.13$ мас. %, $\text{H}_2\text{O}^+ 6.3$ –6.8 мас. %. Относительно этого состава на диаграмме CO_2 – H_2O^+ регистрируется обогащение пород танхойской свиты H_2O^+ (т.е. кристаллизационной водой минералов и органическим детритом, удаляющимся из пробы при ее прокаливании) и, наоборот, обеднение этим компонентом пород аносоской свиты. Отложения находятся в умеренных широтах и не содержат органического материала, поэтому их красноцветные фации не могли формироваться в условиях тропиков или субтропиков, а связаны с климатом пустыни. Низкие содержания CO_2 в отложениях аносоской свиты (преимущественно менее 0.1 мас. %) свидетельствуют об отсутствии карбоната в осадке. Следовательно, отложения аносоской свиты не типичны для литогенеза аридного типа и могут характеризовать умеренную (семиаридную) обстановку. Отложения танхойской свиты с повышенными содержаниями H_2O^+ также обнаруживают низкие содержания CO_2 , что типично для пород, производных литогенеза гумидного типа. Между тем часть пород танхойской свиты дает отчетливый тренд возрастания содержаний CO_2 от значений ниже предела обнаружения до 1.6 мас. % с относительным возрастанием H_2O^+ от 7.6 до 12.5 мас. %. Этот тренд характеризует все породы танхойской свиты из скв. 513 и часть пород этой свиты из скв. 531. Таким образом, в фациях осадков танхойской свиты Баргузинской впадины присутствует примесь карбоната. В тонкой фракции четвертичной ритмичной аллювиальной толщи, вскрытой 360-метровой скважиной, содержания CO_2 повышены (0.74–4.18 мас. %) при содержаниях $\text{H}_2\text{O}^+ = 0.38$ –3.40 мас. % (ниже значений в современных осадках). С возрастанием содержаний CO_2 содержания H_2O^+ также возрастают. Этот тренд может быть обусловлен инфильтрацией вод через проницаемую осадочную толщу.

Наложённая карбонатизация с образованием мергелистых стяжений ярко выражена в осадочной толще разреза в заливе Тагай (о-в Ольхон). На диаграмме CO_2 – H_2O^+ красноцветы разреза смещены от современных осадков, подобно отложениям аносоской свиты Баргузин-

ской впадины, с относительным снижением содержаний H_2O^+ и дают тренд возрастания CO_2 от содержаний ниже предела обнаружения (<0.06 мас. %) до 2.6 мас. % при увеличении содержаний H_2O^+ от 2.1 до 4.6 мас. %. Подобный тренд с повышением содержаний H_2O^+ до 7.4 мас. % воспроизводит часть нижележащих отложений танхойской свиты. Среди них выделяются еще две группы пород. Одна (преимущественно пески) дает тренд от современных осадков с возрастанием H_2O^+ до 10.9 мас. % с повышением CO_2 до 0.55 мас. %. Другая (мергели) образует тренд снижения содержаний H_2O^+ от 2.6 до 0.9 мас. % при возрастании содержаний CO_2 от 9.7 до 36.8 мас. %. По данным С.А. Кашика и Т.К. Ломоносовой, в керне донных отложений подводного Академического хребта оз. Байкал карбонат (кальцит) присутствует в виде несущественной пелитоморфной примеси.

Верхнемиоценовые красноцветы разреза Серафимовка (Кыргызстан), включающие прослойки хемогенных карбонатов мощностью до 1 м, дают тренд возрастания содержаний CO_2 от 0.9 до 40.1 мас. % с относительным снижением содержаний H_2O^+ от 11.6 до 1.2 мас. %. В слаболитифицированных озерных отложениях верхней части разреза, подстилающих слой валунных галечников, венчающих разрез, содержания CO_2 и H_2O^+ близки к содержаниям в принятом нами эталоне современных осадков. Такой же тренд возрастания содержаний CO_2 с относительным снижением H_2O^+ в палеоценовых красноцветах Тянь-Шаня дополнен смещением фигуративных точек к низким содержаниям кристаллизационной воды и CO_2 . Наличие гипса, наряду с карбонатом, свидетельствует о происхождении этих отложений в условиях аридного литогенеза.

В целом осадочные породы Тянь-Шаня характеризуются частичным сходством содержаний петрогенных оксидов в палеоцене и верхнем миоцене при их более широких вариациях в палеоценовых породах. Тренды положительной корреляции $Al_2O_3-SiO_2$ и TiO_2-SiO_2 от карбонатных пород к силикатным с максимумами Al_2O_3 и TiO_2 при содержании SiO_2 около 60 мас. % дополняются тенденцией возрастания SiO_2 (до 89 мас. %) в палеоценовых породах при низких содержаниях обоих оксидов. Несмотря на образование в условиях климатического оптимума, палеоценовые красноцветы Тянь-Шаня не обнаруживают признаков латеритного выветривания с обогащением глиноземом. Признаки глубокого химического выветривания в палеоценовых красноцветах Центральной и Южной Монголии, Забайкалья и о-ва Ольхон также отсутствуют. Между тем образование палеоцен-эоценовых бокситов и латеритов во впадинах Предбайкальского прогиба и на Еловском отроге интерпретировалось именно с позиций существования климатического оптимума. На первой территории высокоглиноземистые породы залегают на красноцветах верхоленской свиты верхнего кембрия и, по-видимому, наследуют литологические характеристики этих пород в результате их местного размыва. Подобным образом с отложениями верхнего кембрия пространственно связана осадочно-вулканогенная толща Еловского отрога.

Мы приходим к заключению об унаследованном характере образования палеоценовых высокоглиноземистых кайнозойских осадочных пород в Предбайкальском прогибе (и возможно, в будущей Тункинской долине), а также о двойственной роли обогащения карбонатом, который может образоваться в осадке при аридном типе литогенеза и накопиться в ходе инфильтрации вод через проницаемую толщу.

Изучение осадочных пород проводится частично в рамках работ Китайско-Российского исследовательского центра Удаляньчи-Байкал по новейшему вулканизму и окружающей среде.

- [1] Bullen M.E., Burbank D.W., Garver J.I., Abdurakhmatov K.Y. Late Cenozoic tectonic evolution of the northwestern Tien Shan: New age estimates for the initiation of mountain building // Geological Society of America Bulletin. 2001. V. 113. P. 1544–1559.
- [2] Zhang Lei, Liu Jiaqi, Qin Xiaguang. Preliminary study on the magnetostratigraphy framework of Huainan (east China) borehole: constraints from the ages of three tephra layers // 6th International Maar Conference Abstracts. Changchun, China, 2016. P. 117–118.