

УДК 549+553

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕОГЕНОВЫХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЧУЙСКОЙ И КУРАЙСКОЙ КОТЛОВИНАХ ГОРНОГО АЛТАЯ

Русанов Г.Г.

*Бийский педагогический государственный университет, Бийск  
ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», Малоеннисейское*

**Приводятся данные по содержаниям магнетита, ильменита, лейкоксена, циркона и аутигенных минералов – лимонита, пирита, марказита в неогеновых озерных отложениях. Рассматриваются некоторые особенности минерального и химического состава неогеновых глин, и содержания в них химических элементов. На основании минералогических и геохимических особенностей делается вывод, что осадконакопление происходило в глубоких теплых и бессточных солоноватых озерах в условиях щелочной восстановительной среды и сероводородного заражения. Постепенно растущая аридизация климата в неогене неоднократно прерывалась периодами повышенной увлажненности. При этом отложения кошагачской и туерькской свит накапливались на трансгрессивном этапе развития неогеновых озер, а бекенской – на регрессивном.**

**Ключевые слова:** неоген, озерные отложения, минералогия, геохимия, климат

На юго-востоке Горного Алтая в Чуйской и Курайской межгорных котловинах на протяжении всего неогена существовали озера. Здесь на площади не менее 2500 км<sup>2</sup> широко развиты мощные толщи неогеновых полифациальных озерных отложений верхней части кошагачской, туерькской и нижней части бекенской свит, перекрытых четвертичными образованиями. На дневную поверхность они выходят лишь в прибортовых частях впадин, где носят дислоцированный характер и приурочены к неотектоническим нарушениям [2 и др.]. По результатам бурения картировочных скважин и геофизических исследований (вертикальное электротондирование и метод переходных процессов), максимальная мощность кайнозойских отложений в Чуйской котловине составляет 1200 м, а неполная мощность неогеновых – 569 м; в Курайской котловине мощность кайнозойской толщи – 487 м, а неогеновых отложений – 385 м [3, 5]. Мощность же перекрывающих образований квартала от 27–40 м в центральных частях котловин возрастает по направлению к их бортам до 110–150 м.

В прибортовых частях котловин к болотным, озерно- и аллювиально-болотным фациям олигоцен-нижнемиоценовой кошагачской свиты приурочены давно известные многочисленные проявления и месторождения бурого угля [1, 2, 3 и др.]. Прослои этого угля мощностью от 0,1–0,3 до 8,6 м вскрыты отдельными скважинами и в центральных частях котловин. К выходам глин озерных фаций кошагачской и среднемиоцен-среднеплиоценовой туерькской свит приурочены месторождения кирпичных, керамзитовых и буровых глин.

По мнению Е.В. Девяткина [2], в межгорных котловинах Юго-Восточного Алтая погребенные неогеновые отложения могут содержать россыпи золота, касситерита и других минералов. По нашим данным [6], золотоносность неогеновых отложений туерькской и низов бекенской свит в Чуйской и Курайской котловинах составляет 0,003–0,02 г/т, является локальной по площади и фрагментарной по разрезу, и практического интереса не представляет.

В конце восьмидесятых годов прошлого века отложения кошагачской, туе-

рыкской и бекенской свит в этих котловинах были вскрыты картировочными скважинами [5], керновый материал которых был комплексно опробован на различные виды анализов. По результатам минералогических анализов шлихового и литолого-минералогического опробования впервые была сделана попытка предварительной оценки этих отложений на россыпи магнетита, циркона и титановых минералов [9].

В Чуйской котловине в скважинах 10 (глубиной 355 м) и 11 (глубиной 671 м) озерные глины туерькской свиты отличаются низким выходом минералов тяжелой фракции (0,23–0,33%). На долю магнетита и ильменита приходится 50,5%, а их содержания составляют 1,11–1,64 кг/т. В тонкопесчано-алевритовых глинах выход минералов тяжелой фракции выше (0,78–1,14%).

Здесь на долю магнетита и ильменита приходится 51,9–57,9% фракции, а их суммарные содержания составляют 4,48–5,91 кг/т. В отложениях этой свиты постоянно, хотя и в незначительных количествах (доли процента) присутствуют циркон, рутил, лейкоксен, максимальные содержания которых не превышают первых сотен г/т.

В Курайской котловине в скважинах 13 (глубиной 523 м), 14 (глубиной 461 м) и 15 (глубиной 336 м) неогеновая часть разреза кошагачской и туерькской свиты представлены преимущественно алевритовыми глинами, глинистыми и глинисто-песчаными алевритами озерных фаций, в которых выход минералов тяжелой фракции изменяется от 0,82 до 2,76%, содержания магнетита составляют 4,2–69,4% (1,9–26,8 кг/т), циркона – 1,6–10,3% (0,25–1,7 кг/т), лейкоксена – 3,3–13,5% (0,28–3,75 кг/т). По сравнению с кошагачской свитой, ильменит несколько более распространен в туерькской свите, где его максимальные содержания составляют 18,4% (5,11 кг/т). Однако истинные содержания всех этих минералов должны быть существенно выше, так как анализировалась лишь алевритовая фракция размером 0,1–0,01 мм.

В верхнеплиоценовой (нижней) части разреза бекенской свиты, вскрытой в этих котловинах скважинами 10, 11, 13, 14 и 15, наибольший интерес представляют глини-

сто-алевритовые тонкозернистые пески, в которых выход минералов тяжелой фракции составляет 1,76–2,78%. В них на долю магнетита и ильменита приходится 38,1–57,6% от веса тяжелой фракции, а их суммарные содержания составляют 6,7–12,5 кг/т. К этим же пескам приурочены и повышенные (до 0,02 г/т) содержания золота [6].

По данным шлихового опробования керна бекенской свиты, содержания магнетита в ней изменяются от первых сотен г/м<sup>3</sup> до 12,47 кг/м<sup>3</sup>, а ильменита от первых десятков г/м<sup>3</sup> до 3,8 кг/м<sup>3</sup>, причем наибольшие содержания также приурочены к глинисто-алевритовым тонкозернистым пескам. Истинные же содержания этих минералов должны быть значительно выше, так как шлихо-минералогическое опробование, как правило, приводит к систематическому занижению основных рудных минералов на 10–20%.

Содержания магнетита, ильменита, лейкоксена и циркона, приведенные выше, характерны для россыпей с непромышленными содержаниями [4]. Даже в случае обнаружения в кошагачской, туерькской или бекенской свитах россыпей с промышленными содержаниями полезных минералов, что маловероятно, они вряд ли будут иметь практическое значение из-за мощной (десятки и сотни метров) толщи перекрывающих отложений.

В этих неогеновых свитах пески и алевриты по составу полимиктовые. В отложениях озерных, аллювиально-озерных и аллювиальных фаций бекенской свиты в легкой и тяжелой фракциях резко доминируют минералы неустойчивые к химическому выветриванию и механической транспортировке, что говорит о невысокой степени зрелости.

По всему неогеновому разрезу кошагачской и туерькской свит, кроме прослоев мергелей, минералы тяжелой фракции многочисленны и очень разнообразны, а их набор практически одинаков. Это отражает большую площадь и разнообразие пород, с которых в Чуйскую и Курайскую котловины осуществлялся снос обломочного материала. Довольно высокие значения коэффициентов выветрелости (0,2–4,5) и устойчивости (0,34–1,7) минералов свидетельствуют о значительной зрелости и дальности

их транспортировки. Однако по разрезам в вертикальном и горизонтальном направлениях отмечаются существенные колебания в их содержаниях, что связано с литологией и различной фациальной принадлежностью вмещающих осадков.

По всему неогеновому разрезу кошагачской, туерькской и бекенской свит в тяжелой фракции постоянно присутствуют карбонаты (0,2–23%), в значительных количествах содержатся аутигенные лимонит (0,5–30%) и пирит (0,5–50%). В отдельных прослоях кошагачской и туерькской свит значительны содержания аутигенного марказита (1,7–95%), который в бекенской свите не установлен, а в прослоях туерькских мергелей аутигенный пирит составляет 95% от веса тяжелой фракции. Пирит и марказит представляют собой микроконкреции округлой формы диаметром до 0,1 мм. Высокие содержания этих минералов и преимущественно сероцветный (серый, зеленоватый, голубоватый и темно-серый) облик рассматриваемых озерных отложений, свидетельствуют о восстановительной среде осадконакопления в условиях сероводородного заражения.

Биотит и мусковит, обладающие повышенной плавучестью, в этих свитах присутствуют по всему разрезу, а их содержания изменяются от 0,2 до 4,2%.

По данным термических и рентгеноструктурных анализов, глины кошагачской, туерькской и бекенской свит, вскрытые этими скважинами, являются гидромусковит-гидрослюдистыми с постоянными содержаниями кварца, кальцита, хлорита и примесью органики.

В отдельных прослоях кошагачской и туерькской свит содержатся монтмориллонит или каолинит, а в туерькской свите еще и доломит. Под электронным микроскопом установлено, что монтмориллонит является аутигенным. Он развивается по гидрослуде и, вероятно, образовался в теплом бессточном солоноватом озере в условиях сильно щелочной среды и относительно сухого теплого климата. Причем со временем этот климат становился все более аридным. На что также указывает наличие в этих прослоях многочисленных оогоний харовых водорослей, ископаемых семян солоноватоводных растений, фауны

остракод, значительные содержания аутигенных пирита и марказита [7], и высокая степень карбонатности (29,4–63,8%). Соленость озерных вод могла достигать 18‰, а годовое количество осадков было менее 600 мм [10].

Для прослоев с примесью монтмориллонита характерны повышенные содержания (%) Mn (0,1–0,5), V (0,006–0,05), B (0,004–0,005), Zn (0,005–0,03) и пониженные – Ga (0,0001–0,003), что наиболее типично для солоноватых вод. Повышенные значения отношений V/Zn (1,5–5) и B/Ga (2,5–4) отвечают солоноватоводным условиям среды осадконакопления.

Каолинит также является аутигенным и приурочен к прослоям, сильно насыщенным растительной органикой, которая в хорошо прогреваемой водной среде могла локально создавать кислые условия, благоприятные для его образования.

В отдельных прослоях кошагачской и туерькской свит отмечается примесь смешанно-слоистых глинистых минералов хлорит-монтмориллонита и гидрослуды-монтмориллонита, которых нет в бекенской свите. Для этих прослоев характерны значительно более низкая степень карбонатности (5–19%), пониженные содержания пирита и марказита, Mn (0,05–0,2%), практически равные содержания V и Zn, и повышенные содержания биотита и мусковита. Все это, по нашему мнению, говорит о повышенной увлажненности климата, значительной величине речного стока и пониженной солености озерных вод во время их формирования, когда годовое количество осадков могло быть не менее 1000 мм [10]. Однако установить количество и продолжительность этих периодов повышенной увлажненности климата пока не представляется возможным.

Озерные и аллювиально-озерные неогеновые отложения в Чуйской и Курайской котловинах накапливались в бессточных водоемах. На это указывает накопление подвижных окислов Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,56–9,02%), CaO (2,49–40,64%), MnO (0,09–0,19%), MgO (2,4–14,51%) и таких элементов как Zn (0,005–0,07%), Cu (0,004–0,02%), Ni (0,005–0,02%), Co (0,002–0,003%), P (0,07–0,087%), являющихся активными водными мигрантами. Причем

наиболее высокие содержания гидрооксидов железа характерны для бекенской свиты, а окислов кальция и магния для туерыкской свиты, и особенно для прослоев мергелей.

Для отложений кошагачской и туерыкской свит характерны сравнительно высокие значения коэффициента  $FeO/Fe_2O_3$  (0,6–1,27), которые, вероятно, указывают на восстановительные условия осадконакопления. Отложения же бекенской свиты отличаются низкими значениями этого коэффициента (0,015–0,35), свидетельствующими об окислительных условиях.

По результатам химических анализов глинистая фракция в отложениях этих свит отличается низкой зрелостью, уменьшающейся вверх по разрезу. Коэффициент Фогта ( $Al_2O_3/Na_2O$ ), характеризующий степень зрелости глинистого материала, для кошагачской свиты составляет 21,7, в туерыкской свите он изменяется от 13 в низах разреза до 7,8 в верхах, а в бекенской свите равен 7,9–6,7 [9].

Эти неогеновые отложения по минералогии и геохимии резко отличаются от карачумской свиты палеогена. Последняя залегает в Чуйской и Курайской котловинах в основании разреза кайнозойских отложений, и представлена размытыми, и пролювиально перетолженными продуктами мел-палеогеновой зрелой коры химического выветривания [2, 8].

После размыва мел-палеогеновой коры химического выветривания и образования карачумской свиты, вероятно, со второй половины олигоцена и до конца плиоцена горное обрамление Чуйской и Курайской котловин испытывало постоянное воздымание, а растущие впадины испытывали такое же постоянное опускание. На протяжении всего этого длительного этапа в растущем горном обрамлении больше не возникало благоприятных условий для образования кор химического выветривания. Напротив, с течением времени все больше возрастала роль физического выветривания. Происходило усиление эрозионных и денудационных процессов. Все это приводило к тому, что в бассейны аккумуляции

поступал все менее и менее зрелый материал, а это в свою очередь не способствовало образованию россыпей с промышленными содержаниями ценных минералов.

Все вышеизложенное характеризует достаточно глубокоководные озерные фации, и обнаруживает много общего между верхами кошагачской, туерыкской и низами бекенской свит. В то же время низы бекенской свиты по минералогии и геохимии уже имеют некоторые значительные отличия от более древних туерыкской и кошагачской свит, что говорит о существенных изменениях климатических условий и обстановок седиментации. Накопление отложений кошагачской и туерыкской свит происходило на трансгрессивном этапе развития озер, а бекенской – на регрессивном. Минералогические и геохимические особенности неогеновых озерных отложений в Чуйской и Курайской котловинах могут успешно использоваться при палеогеографических и палеолимнологических реконструкциях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аксарин А.В. // Вестник Зап.-Сиб. геол. упр. 1938, № 4. С. 41.
2. Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и неотектоника Юго-Восточного Алтая. М.: Наука, 1965. 244 с.
3. Лузгин Б.Н., Русанов Г.Г. // Геология и геофизика, 1992, № 4. С. 23.
4. Россыпные месторождения титана СССР. М.: Недра, 1976. 287 с.
5. Русанов Г.Г. // Новые данные по геологическому строению и условиям формирования месторождений полезных ископаемых в Алтайском крае. Барнаул, 1991. С. 24.
6. Русанов Г.Г. // Проблемы геологии Сибири. Томск: Том. гос. ун-т, 1996, т. 2. С. 179.
7. Русанов Г.Г. // День Земли: экология и образование. Бийск: НИЦ БиГПИ, 1998. С. 184.
8. Русанов Г.Г. // Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской складчатой области. Кемерово-Новокузнецк, 1999. С. 87.
9. Русанов Г.Г. // Проблемы геологии и геохимии юга Сибири. Томск: Том. гос. ун-т, 2000. С. 158.
10. Русанов Г.Г. // Теоретические и прикладные вопросы современной географии. Томск: Том. гос. ун-т, 2009. С. 54.

**MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF NEOGENE  
LACUSTRINE DEPOSITS IN CHUISKAJA AND KURAIKAJA SINKS OF GORNYI  
ALTAI**

Rusanov G.G.

*The Shukshin Pedagogical State University of Biysk, Biysk  
Gorno-Altaiian expedition, Maloeniseiskoe*

Data on contents of magnetite, ilmenite, leucoxene, zircon, and authigenic minerals – limonite, pyrite, marcasite in Neogene lacustrine deposits are lead. The some features of mineral and chemical composition of Neogene clay and content of chemical elements in it are considering. On the foundation mineralogical and geochemical features made a conclusion that the deposition arise in deep warm and endorheic brackish lakes in conditions alkaline reducing environment and sulfur infection. The gradual growing aridization of climate in Neogene break off by periods of increased humidification. Deposits of koshagachskaja and tuerykskaja suites accumulated on the transpressional stage of development Neogene lakes, but bekenskaja suit – on the regressive stage.

Keywords: Neogene, lacustrine deposits, mineralogy, geochemistry, climate