

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТА ПОСЛЕДНЕГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛТАЯ

Г.Г. Русанов

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция»,
Алтайская государственная академия образования, Бийск

В долинах и котловинах Горного Алтая достаточно широко распространены озёрно-ледниковые отложения. Однако они практически не содержат определяемые органические остатки (споры, пыльца и др.), что сильно затрудняет реконструкцию палеогеографических условий и обстановок осадконакопления. Первую попытку использовать для этих целей минералогические и геохимические особенности этих отложений на примере разрезов Беле (Телецкое озеро), Чаган и Чаганузун (Чуйская котловина) предпринял В.В. Бутвиловский (1993), получив довольно интересные результаты.

Предположительно верхнеплейстоценовые озёрно-ледниковые отложения установлены в Тюгурюкской котловине (Русанов, 2012, 2013), в долинах верхнего течения реки Урсул и его притоков Теньга и Ело (Русанов, 2010, 2011а, 2011б). Известны они и в долине реки Ябоган – Ябоганской котловине (Зольников и др., 2008), расположенных на стыке Центрального и Северо-Западного Алтая.

С целью комплексной характеристики нами впервые из этих отложений были отобраны пробы на различные виды анализов. Рентгеновские, литологические и минералогические анализы озёрно-ледниковых глин развитых в Теньгинской и Ябоганской котловинах, долинах Урсула и Ело выполнены в лабораториях ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр» (Новокузнецк). Спектральные полуколичественные анализы этих же отложений – в химической лаборатории ОАО «Рудно-Алтайская экспедиция» (Змеиногорск), а химические (силикатные) анализы рентгено-спектральным флуоресцентным методом – в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург). Содержания золота и ртути в озёрно-ледниковых глинах Тюгурюкской котловины определялись атомно-абсорбционным методом в Аналитико-технологическом испытательном центре ОАО «Новосибирская геолого-поисковая экспедиция» (Новосибирск). Там же из этих образований получены и результаты спектральных полуколичественных анализов.

Ниже мы излагаем полученные результаты и их интерпретацию, которые носят предварительный характер и требуют дальнейшего уточнения и детализации.

По периферии Тюгурюкской котловины в нескольких местах в интервале абсолютных высот 1520–1540 м под толщей торфа (0,6–0,9 м) закопашками пока вскрыта верхняя часть разреза (0,3 м) голубовато-серых, желтовато-серых или светло-серых озёрных песчаных тонкослоистых глин неустановленной мощности, иногда с включениями окатанных галек и гравия. С глубины 0,6 м торф и озёрные глины находятся в многолетнемерзлом состоянии. По результатам атомно-абсорбционных анализов эти глины слабо золотоносны (0,005–0,008 г/т) и характеризуются надкларковыми содержаниями Hg (до $37 \cdot 10^{-7}$ %). Повышенные содержания Mn (0,06–0,08 %) и таких элементов как Cu (0,003–0,004 %), Zn (0,004–0,01 %), Sr (0,006–0,008 %), Ni (0,004 %), Co (0,002 %), V (0,01 %), являющихся активными водными мигрантами, указывают на бессточный характер водоема, или, как минимум, на затруднённый сток из котловины. Низкие значения отношения V/Zn, указывающие на пресноводный характер водоема (Задкова и др., 1968), изменяются от 0,25 до 1.

В долине Теньги на восточном берегу Теньгинского озера на абсолютной высоте 1110 м до глубины 1,1 м вскрыты плотные желтоватые глины (72,85 %) с примесью песка (25,82%) и алеврита (1,33 %), которые мы рассматриваем, как озёрно-ледниковые. Глины эти гидро-

слюдистые с кварцем, хлоритом, полевыми шпатами и повышенными содержаниями карбоната кальция (14,80 %), а их химический состав (%): SiO_2 – 55,5, TiO_2 – 0,75, Al_2O_3 – 14,0, Fe_2O_3 – 3,81, FeO – 1,97, MnO – 0,12, MgO – 3,18, CaO – 7,46, Na_2O – 2,39, K_2O – 1,97, P_2O_5 – 0,12, ппп – 8,47.

Алевритово-песчаная часть этих образований отличается высоким выходом минералов тяжёлой фракции (43,2 %), в состав которой входят (%): эпидот-цоизит – 72,5, магнетит – 13,6, аутигенный лимонит – 4,3, апатит – 2,0, лейкоксен – 1,8, циркон – 1,4, гранат, роговая обманка, тремолит и актинолит – по 0,6, слюда – 1,4. Лёгкая фракция (56,80 %) состоит из хлоритово-слюдистых обломков пород – 90,3 %, карбонатов – 5,7 %, кварца – 2,6 % и полевых шпатов – 1,4 %. Они характеризуются низким коэффициентом устойчивости ($K_y = 0,25$) и высоким коэффициентом выветрелости ($K_b = 2,3$).

В 2010 году озёрно-ледниковые, по нашему мнению, отложения до глубины 2,5 м были вскрыты небольшим карьером на абсолютной высоте 1072 м у дороги Туэкта–Усть-Кан перед поворотом на село Ело. Они состоят из горизонтального переслаивания буровато-желтоватых песчанистых (19,7 %) глин (80,3 %) мощностью 1–3 см с содержаниями карбоната кальция до 13,70 % и очень плотных глин (95,05 %) мощностью 5–10 см с незначительной песчано-алевритовой примесью (4,5 %) и содержаниями карбоната кальция до 29,30 %. В них хорошо выражена очень тонкая (1–2 мм) горизонтальная микрослоистость.

Озёрно-ледниковые глины гидрослюдистые с кварцем, кальцитом, хлоритом и полевыми шпатами, а их химический состав (%): SiO_2 – 53,6, TiO_2 – 0,69, Al_2O_3 – 13,4, Fe_2O_3 – 2,99, FeO – 1,97, MnO – 0,085, MgO – 3,04, CaO – 8,69, Na_2O – 1,75, K_2O – 2,64, P_2O_5 – 0,11, ппп – 10,8.

Алевритово-песчаная часть этих отложений также отличается высоким выходом минералов тяжёлой фракции (21,2 %), в состав которой входят (%): эпидот-цоизит – 34,3, магнетит – 26,9, аутигенный лимонит – 14,4, роговая обманка – 8,1, лейкоксен – 4,4, апатит – 3,7, циркон – 3,2, тремолит-актинолит – 1,8, слюда – 1,6, пироксены – 0,4, анатаз, рутил, сфен – единичные зёрна. Лёгкая фракция (78,80 %) состоит из хлоритово-слюдистых обломков пород – 85,2 %, карбонатов – 10,0 %, кварца – 2,7 %, полевых шпатов – 1,8 %, слюда и хлориты – 0,3 %. Для них также характерны низкие значения $K_y = 0,14$ и повышенные $K_b = 1,78$.

В 2010 году при строительстве дороги, сохранившиеся фрагменты озёрно-ледниковых плотных желтоватых глин (85,89 %) с примесью песка (14,11 %) и повышенными содержаниями карбоната кальция (17,70 %) видимой мощностью до 4 м установлены у левого склона долины реки Ело в 2,6 км выше устья р. Табатай или в 4,5 км выше бывшей ледниковой подпруды.

Химический состав этих глин следующий (%): SiO_2 – 57,5, TiO_2 – 0,8, Al_2O_3 – 13,4, Fe_2O_3 – 3,54, FeO – 1,76, MnO – 0,1, MgO – 2,93, CaO – 6,69, Na_2O – 1,66, K_2O – 2,52, P_2O_5 – 0,15, ппп – 8,69. В состав тяжёлой фракции входят (%): аутигенный лимонит – 25,9, эпидот-цоизит – 19,4, магнетит – 18,0, лейкоксен – 12,3, апатит – 6,6, циркон – 5,7, роговая обманка – 4,1, слюда – 3,4, пироксены – 1,2, гранат – 0,7, анатаз и рутил – по 0,5. Лёгкая фракция (93,88 %) состоит из хлоритово-слюдистых обломков пород – 83,6 %, карбонатов – 10,7 %, кварца – 2,7 %, полевых шпатов – 1,5 %, слюды – 1,5 %. В этом разрезе озёрные глины имеют повышенный $K_y = 1,05$ и пониженный $K_b = 1,4$.

Ещё один разрез этих отложений находится на северной окраине села Ябоган у правого склона котловины на абсолютной высоте 1140 м. Здесь в карьере глубиной 4 м под почвенно-растительным слоем вскрыт, по нашим данным, желтоватый карбонатизированный песчано-глинистый делювий лёссовидного облика мощностью от 0,5 до 1 м с примесью дресвы и щебня. Исходным материалом для него послужили залегающие ниже озёрные отложения, которые представлены желтоватыми иногда с буроватым оттенком очень плотными

глинами (73,89 %) с примесью песка (24,58 %) и алеврита (1,52 %), с включениями дресвы и мелкого щебня. Заметна слабо выраженная тонкая (0,5–1 см) субгоризонтальная параллельная слоистость. Встречаются отдельные тонкие (до 2 см) слойки серых дресвянистых песков.

В целом озёрные отложения в этом разрезе слабо деформированы в результате медленного оползания на пологом склоне сильно переувлажнённой толщи после спуска озера. Эти деформации (складки волочения, отторженцы, смятые и «размазанные» слои) рассматриваются, как результат проявления солифлюкции (Зольников и др., 2008).

Глины эти также гидрослюдистые с кварцем, полевыми шпатами, хлоритом и кальцитом, с повышенным содержанием карбоната кальция (13,30 %), а их химический состав (%): SiO_2 – 61,0, TiO_2 – 0,72, Al_2O_3 – 12,4, Fe_2O_3 – 3,54, FeO – 2,11, MnO – 0,085, MgO – 2,79, CaO – 5,7, Na_2O – 1,78, K_2O – 1,83, P_2O_5 – 0,097, ппп – 7,63.

В них тоже отмечается высокий выход минералов тяжёлой фракции (19,67 %), в состав которой входят (%): магнетит – 50,1, эпидот-цоизит – 28,6, аутигенный лимонит – 8,0, лейкоксен – 3,9, циркон – 3,4, апатит – 1,7, гранат – 1,3, роговая обманка – 1,1, тремолит-актинолит – 0,9, слюда – 0,6, пироксены – 0,4, анатаз, рутил, сфен – единичные зёрна. Лёгкая фракция (80,33 %) состоит из хлоритово-слюдистых обломков пород – 91,4 %, кварца – 5,0 %, полевых шпатов – 1,8 %, карбонатов – 1,5 %, слюды – 0,3 %. Для этих глин характерны высокие значения коэффициентов $K_y = 9,3$ и $K_b = 3,01$.

Алевритово-тонкопесчаная фракция в озёрно-ледниковых отложениях Теньги, Урсула, Ело и Ябогана отличается высоким выходом тяжёлых минералов (от 11,5 до 43,2 %) и накоплением рудных минералов, в частности магнетита (13,6–50,1 %), и слюды (от 0,3 до 4,9 %), которая обладает повышенной плавучестью и транспортабельностью, что, по нашему мнению, также говорит о бессточности этих озёр. Коэффициенты выветрелости (1,4–3,01) и устойчивости (0,14–9,3) минералов тяжёлой фракции в озёрно-ледниковых отложениях свидетельствуют о значительном поступлении в водоёмы свежего не затронутого выветриванием материала, его сравнительно незначительной транспортировке и скорости седиментации.

Во всех изученных обнажениях озёрно-ледниковые глины химически незрелые ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O} = 6$ –7). Такие низкие значения этого коэффициента, по нашим многочисленным данным из разных районов Алтая, характерны для озёрных глин не древнее второй половины позднего неоплейстоцена.

В долинах Урсула, Ело, в Ябоганской и Теньгинской котловинах гидрослюдистый состав озёрно-ледниковых глин, низкие значения отношений CaO/MgO (2–2,8) и $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ (17–18) свидетельствуют об их аккумуляции в условиях холодного влажного климата. Холодный климат времени осадконакопления отражают повышенные содержания SiO_2 , K_2O и Na_2O при пониженных значениях Al_2O_3 и TiO_2 (Задкова и др., 1968), что также наблюдается в рассматриваемых нами глинах.

Кроме того, они отличаются и повышенными потерями при прокаливании (ппп – 7,63–10,8 %), что тоже типично для озёрных осадков холодных эпох, которым свойственны высокие содержания углерода (Минюк и др., 2007). В то же время эти потери при прокаливании существенно ниже 15 %, что позволяет отнести подобные отложения к минеральным осадкам с включениями органического материала, накапливавшимся в условиях опять-таки холодного климата, многолетней мерзлоты и перигляциальных ландшафтов (Шеремецкая и др., 2012).

Пониженные значения отношения $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (в нашем случае равные 0,5–0,6) и повышенные содержания аутигенного лимонита (от 8 до 25,9 %) указывают на снижение роли восстановительной среды в осадконакоплении (Лукашёв, 1970) и неустойчивый гидрологический режим озёр. В то же время, как считает В.В. Бутвиловский (1993), накопления карбоната кальция и закисного железа в озёрно-ледниковых отложениях могут свидетельствовать

о периодическом прогреве озёрных вод и их жёсткой стратификации, создающей дефицит кислорода и восстановительную среду в этих частях водоёмов.

Во всех изученных разрезах, по результатам спектральных анализов, в озёрно-ледниковых глинах отмечается накопление химических элементов – активных водных мигрантов (Cu, Pb, Zn, Co, Ni) – от 0,003 до 0,007 %, и подвижных окислов. Поэтому можно предположить, что во время накопления этих глин озёра были бессточными и пресными, что было возможно в условиях незначительного испарения и повышенного увлажнения. На пресноводный характер водоёмов указывают и сравнительно низкие значения отношения $V/Zn = 1-1,16$.

Озёрно-ледниковые глины в долинах рек Ело, Урсула и Теньгинской котловине имеют высокую халько-сидерофильную специализацию за счёт накопления V, Co, Mn, Ti, Bi; дефицитные элементы преимущественно литофильные – Be, Li, Y, Sn, W, Yb, Zr, Ag. Кластерным анализом выделены две геохимические ассоциации с тесными корреляционными связями ($r = 0,69-0,80$): [(Ba–Li)–Ti]–P и (Pb–Zn)–Ag. Первая ассоциация сочетает элементы различной петрогенетической специализации, отражая сложный состав обломочного материала (средние, основные, карбонатные породы). Вторая, вероятно, характеризует привнос обломочного материала из Ильинско-Урсульской золото-медно-полиметаллической рудоносной зоны. В пределах этой зоны полностью находятся бассейны рек Каирлык (правый приток Урсула, стекающий с Теректинского хребта), Табатай и Теньга (левые притоки Урсула, стекающие с Семинского хребта).

Факторный анализ позволил установить шесть главных компонент. Первая (20% от суммарной дисперсии) представлена ассоциацией – Li, Ti, P, Ba; вторая (18%) – Sn, V. Обе компоненты объединяют элементы с различной петрогенетической специализацией, характеризующие область сноса. Третья компонента (15%), представленная ассоциацией Pb, Zn, Ag и обусловлена полиметаллической специализацией Ильинско-Урсульской рудоносной зоны, являющейся одним из основных источников обломочного материала. Четвёртая (12%) – Yb, пятая (12%) – W и шестая (13%) – Cr компоненты указывают на привнос минералов-носителей вышеуказанных элементов на разных стадиях осадконакопления.

Добавим, что в это же самое время в Уймонской котловине также существовало крупное ледниково-подпрудное озеро (Бутвиловский, 1993; Бутвиловский, Прехтель, 2000 и др.). Из песков этого озера впервые выделены раковины гидрофильных наземных моллюсков *Pupilla muscorum* L. и *Vallonia tenuilabris* Br., а также семена и плоды различных трав, изредка деревьев и реже переотложенных неогеновых форм. Всё это, по заключению Е.А. Пономарёвой и И.И. Тетериной, восстанавливает ассоциацию разнотравного луга с присутствием водно-болотных форм, формировавшихся в условиях умеренно холодного и влажного климата (Байлагасов и др., 2012). Правда, эти авторы считают, что Уймонское палеозеро было не ледниково-, а морено-подпрудным и существовало в голоцене (Байлагасов и др., 2012), с чем мы не можем согласиться.

Впервые на рассматриваемой территории для целей реконструкции ландшафтно-климатических условий во время существования ледниково-подпрудных озёр времени последнего оледенения, их основных параметров и некоторых особенностей гидрологического режима, а также определения источников сноса обломочного материала, поступавшего в эти озёра, использовались геохимические и минералогические данные, показавшие вполне приемлемые результаты. Особенности минералогии и геохимии этих отложений можно рассматривать как индикаторы ландшафтно-климатических условий осадконакопления, и использовать их при палеогеографических реконструкциях. Результаты, полученные на данном этапе изучения, пока не свидетельствуют в пользу устоявшегося мнения о сухом или даже очень сухом климате Горного Алтая во время последнего оледенения.

Литература

- Байлагасов Л.В., Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Байлагасова И.Л.* К вопросу о существовании Уймонского палеозера // Геоморфология, 2012, № 3. с. 69–76.
- Бутвиловский В.В.* Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск. Изд-во ТГУ, 1993. 252 с.
- Бутвиловский В.В., Прехтель Н.* Особенности проявления последней ледниковой эпохи в бассейне Коксы и верховье Катунь // Современные проблемы географии и природопользования. Барнаул. Изд-во АлтГУ, 2000, вып. 2. с. 31–47.
- Задкова И.И., Поспелова Л.Н., Симонова В.И.* Микроэлементы в глинах позднего кайнозоя Ишим-Тобольского междуречья // Неогеновые и четвертичные отложения Западной Сибири. М. Наука, 1968. с. 51–55.
- Зольников И.Д., Постнов А.В., Гуськов С.А.* Процессы морфолитогенеза Усть-Канской и Ябоганской котловин в позднем неоплейстоцене // Геоморфология. 2008. № 4. с. 75–83.
- Лукашёв В.К.* Геохимия четвертичного литогенеза. Минск. Наука и техника. 1970. 296 с.
- Минюк П.С., Борходоев В.Я.* Геохимические характеристики осадков скважины LZ1024, оз. Эльгыгытгын, Чукотка – как показатели палеоклимата // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Мат-лы V Всеросс. совещ. по изуч. четвертич. периода. М.: ГЕОС. 2007. с. 273–274.
- Русанов Г.Г.* Предварительные результаты изучения отложений ледникового комплекса в бассейне верхнего течения реки Урсул в Центральном Алтае // Природа и экономика Кузбасса и сопредельных территорий. Т. I. Геология, география, геоэкология. Новокузнецк: КузГПА, 2010. с. 86–89.
- Русанов Г.Г.* Об отложениях ледникового комплекса в бассейне верхнего течения реки Урсул и Ябоганской котловине // Бюллетень «Природные ресурсы Горного Алтая», 2011а, № 1–2. с. 74–82.
- Русанов Г.Г.* Новые данные к палеогеографии последнего оледенения в бассейне верхнего течения реки Урсул (Центральный Алтай) // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Мат-лы VII Всеросс. совещ. по изуч. четвертич. периода, ИГ КНЦ РАН. Апатиты; СПб., 2011б, т. 2. с. 193–195.
- Русанов Г.Г.* Тюгурюкский ледоём в Центральном Алтае // Климатология и гляциология Сибири. Мат-лы Международ. науч.-практ. конф. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2012. с. 244–245.
- Русанов Г.Г.* Озерно-ледниковые и болотные отложения Тюгурюкской котловины Центрального Алтая // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования. Мат-лы VIII Всеросс. с международ. участием науч.-практ. конф. – Красноярск: КГПУ, 2013. с. 57–59.
- Шеремецкая Е.Д., Борисова О.К., Панин А.В.* Динамика послеледникового выравнивания рельефа междуречий в краевой зоне Московского оледенения (на примере бассейна р. Протвы) // Геоморфология. 2012. № 1. с. 92–106.