

Lehmkuhl, F., Gerlach, R. (2012): Formation and geochronology of Last Interglacial to Lower Weichselian loess/palaeosol sequences — case studies from the Lower Rhine Embayment, Germany. // *Quaternary Science Journal*. —

Vol. 1. — Number 1. *Geozon*. — P. 48-63.

Nesbitt, H.W. and Young, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature*. — 1983. — 299. — P. 715–717.

РАННЕГОЛОЦЕНОВОЕ ЧУЙСКО-КУРАЙСКОЕ УЛЬТРАВЫСОКОНАПОРНОЕ ЛЕДОВО-ПОДПРУДНОЕ ОЗЕРО — МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ

Поздняков А.В.^{1,2}, Пупышев Ю.С.¹

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия,
synergeia.pol@gmail.com

Аннотация. На основе проведенных исследований уточнены характеристики ледово-подпрудной плотины раннеголоценового Чуйско-Курайского озерного бассейна. Установлено, что в максимум наполнения ледовая плотина имела высоту более 673 м, протяженность ее составляла 40 км, а площадь ледовой поверхности достигала 350 км².

Ключевые слова: ледово-подпрудное озеро, ультравысоконапорная ледовая плотина, неоплейстоцен, ледоем, континуально-дискретный расход воды, абразионные уступы

Введение. Феномен Чуйско-Курайского ледово-подпрудного озера с момента его открытия (Лунгерсгаузен, Раковец, 1958) изучался многими исследователями, однако единого мнения по большинству аспектов его существования так и не сложилось. Дискуссии ведутся в отношении максимальной высоты наполнения озера (Русанов, 2008), времени и механизма его формирования, формирования ледовой плотины (Окишев, Бородавко, 2001), продолжительности спуска (Бутвиловский, 1993, Рудой, 2001, Зольников, Деев, 2013, Baker et al., 1993, Herget, 2005), генезиса оставленных озером морфоскульптур (Рудой, 2005) и по другим вопросам. Целью исследования является раскрытие механизма синхронного изменения уровня водной поверхности озера и высоты ледовой плотины в стадиях формирования и деградации.

Из всех лимногенных морфоскульптур, оставленных Чуйско-Курайским озером,

абразионно-аккумулятивные уступы являются основным источником информации о параметрах водного бассейна. Их определение нами производилось на основе геоморфологических экспедиционных исследований, высокоточного нивелирования абразионно-аккумулятивных террас, баров и цифровой модели рельефа, составленной в среде ArcGIS по данным SRTM.

В большинстве научных публикаций формирование ледовой плотины объясняется подпруживанием ее горно-долинными ледниками, спускавшимися в Курайскую котловину с противоположных хребтов — Северо-Чуйского и Курайского. Утверждается (Окишев, Бородавко, 2001), что плотина, образованная слиянием ледников, в районе массива Белькенёк имела наибольшую высоту — 800 м (достигала абс. высоты 2200 м) и характеризовалась «...интенсивным блоковым дроблением льда, трещиноватостью, что обеспечивало нахож-

дение талыми водами достаточных каналов стока...» (Окишев, Бородавко, 2001, с. 4). Однако наличие каналов и трещин в теле плотины противоречит возможности формирования озерного бассейна с глубиной более 673 м и гидростатическим давлени-

ем на подпруживающую плотину, превышающем 60 кг/см². Механизм формирования целостной водонепроницаемой и устойчивой ледовой плотины, способной сдерживать большой напор воды в результате подпруживания горно-долинными ледниками,

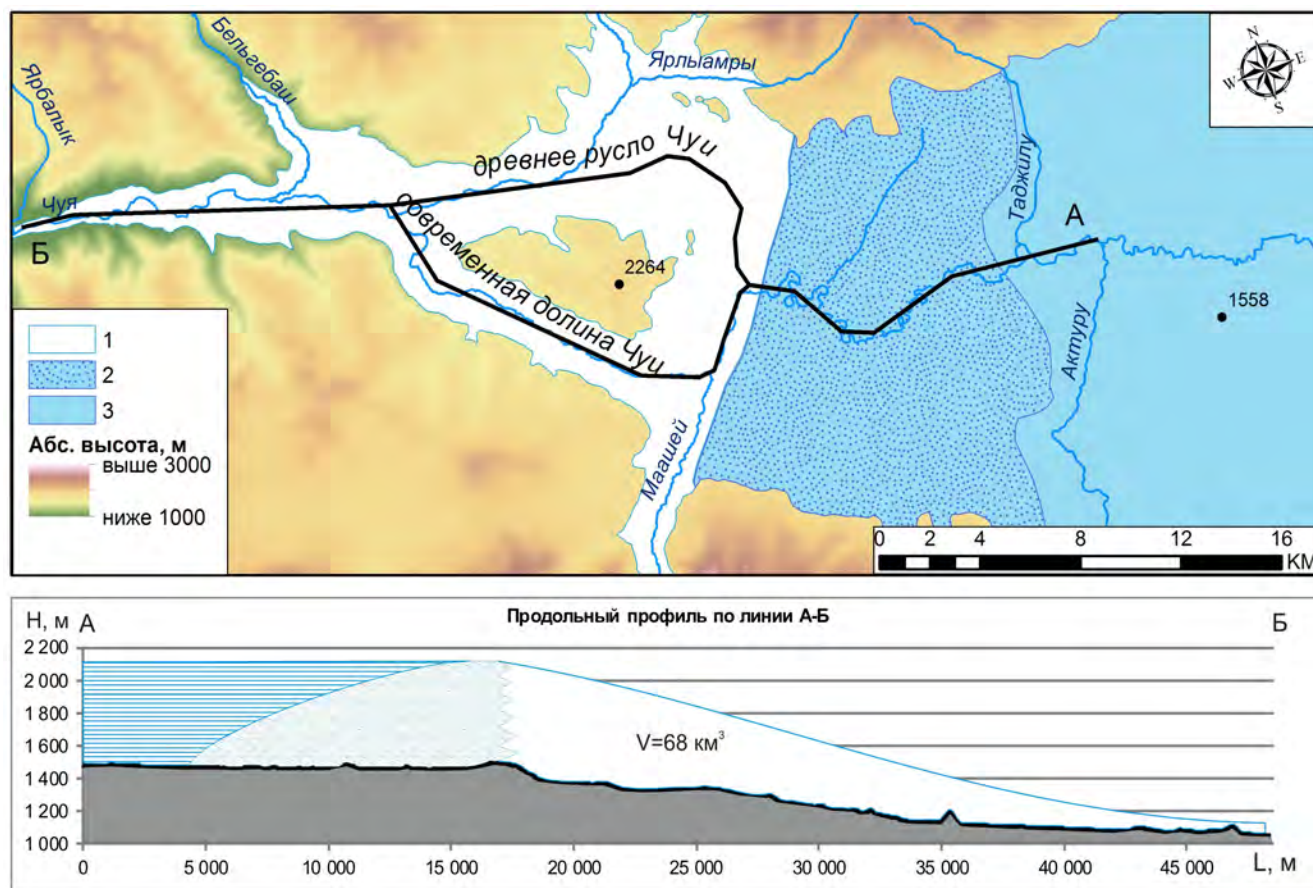


Рисунок 1. Схема строения ультравысоконапорной ледовой плотины Чуйско-Курайского озера: 1 — часть ледовой плотины, формировавшаяся за счет наледей: в древней долине р. Чуя (р. Менка); в долине левого притока р. Чуи (участок современной долины р. Чуи); 2 — подводная часть ультравысоконапорной ледовой плотины в пределах верхнего бьефа акватории озера; 3 — акватория палеозера на уровне 2133 м.

не обоснован.

Условия формирования ледовой плотины. Территория Чуйско-Курайской котловины в период оледенения находилась в перигляциальной зоне, когда долины горных рек были заполнены ледниками (Галахов, Самойлова, 2007, 2008) и, несомненно, расход воды в р. Чуе на рассматриваемой территории был заведомо меньше современ-

ного. Но даже сейчас, в период потепления климата, в зимнее время в небольших притоках р. Чуи расход воды приближается к нулю (Ивановский, 1981; Галахов, Самойлова, 2007, 2008) и русла закрыты наледями. Можно полагать, что формирование ледово-подпрудного озера происходило в основном за счет руслового стока р. Чуя, когда поверхностный сток отсутствовал, а расход

воды в реке действовал за счет грунтового питания и характерного для горных рек подруслового стока. В настоящее время зимний расход воды в р. Чуе на замыкающем Чаган-Узунском створе составляет 4,88 м³/с, а летний — 20,7 м³/с, среднемноголетний расход воды — 12,8 м³/с (Ресурсы..., 1969). Количественно расход воды в перигляциальных условиях раннего голоцена можно сравнивать с современным зимним расходом р. Чуи.

Механизм формирования ледовой подпруды и продолжительность наполнения озерного бассейна. Формирование ледовой плотины происходило по следующему алгоритму: перелив воды через плотину, с образованием распластывающегося тонкого слоя воды → формирование наледи → увеличение высоты плотины → увеличение глубины озера и т.д., по замкнутому кругу саморегуляции с положительной обратной связью (Pozdnyakov, 2019). Малые расходы воды в Чуе, большая площадь (более 350 км²) и незначительные уклоны (менее 1°) поверхности разлива воды благоприятствовали распластыванию воды тонким слоем и послойному намораживанию льда. Учитывая достаточно изученные механизмы процессов формирования речных наледей, а также искусственного увеличения мощности льда за счет самонамораживания, можно полагать, что предлагаемый нами механизм формирования ультравысоконапорной устойчивой к разрушению ледовой плотины был наиболее вероятным (рис. 1).

Согласно предварительным данным, суммарный объем льда, слагающего ледовую плотину, составлял 68 км³, а площадь ледовой плотины превышала 350 км². Формирование плотины (следовательно, и озерного бассейна с объемом воды 753 км³, при среднемноголетнем расходе 12,8 м³/с) продолжалось в течение не менее 1868 лет.

Можно полагать, что расход воды р. Чуи был меньше и, следовательно, продолжительность формирования ледово-подпрудного озерного бассейна превышала указанную величину.

Чуйско-Курайское ледово-подпрудное озеро в стадии деградации. Наиболее дискуссионной проблемой при изучении Чуйско-Курайского ледово-подпрудного озера остается определение расходов воды в период его деградации (Поздняков, Хон, 2018). В научных публикациях постулируется утверждение, согласно которому спуск озера носил кратковременный или мгновенный характер в результате прорыва ледовой плотины Чуйско-Курайского озера, с образованием транзитного водного потока с расходом воды от 4,5 до 10 млн м³/с (Инишев и др., 2015). Существуют оценки, согласно которым расход воды был еще больше и достигал 18 млн м³/с (Бутвиловский, 1993, Рудой, 2005, Herget, 2005).

Анализ распределения относительных и абсолютных высот абразионно-аккумулятивных уступов, формировавшихся при понижении уровня водоема, и расчет продолжительности их формирования (Поздняков, Пупышев, 2018) позволили количественно оценить расходы воды при спуске из озера. Проведенные расчеты в основном подтверждают предположения о том, что формирование одной абразионной террасы (бара) происходило в течение одного летнего сезона (около 95 суток), а понижение абсолютной высоты уровня озера и, соответственно, относительной высоты абразионных уступов носило континуально-дискретный характер (Поздняков, Пупышев, 2020).

Исследование распределения относительных высот уступов (Поздняков, Пупышев, 2020) показывает, что спуск озерного водоема характеризовался паводочным режимом. В начальный период спуска, когда площадь акватории была максимальной

(3000-3050 км²), а понижение уровня 1-2 м/год, расход воды составлял 370–730 м³/с. Периодически повторявшиеся пиковые паводковые расходы воды, особенно хорошо выраженные на уровнях с абсолютной высотой 2100–1700 м, составляли 800–2120 м³/с, а с учетом таяния плотинного льда (68 м³), расход воды в паводках достигал 2160 м³/с. В целом спуск озера происходил неравномерно и с постепенным затуханием в течение порядка 200 лет (Поздняков, Пупышев, 2020).

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что изменение высоты ледовой плотины Чуйско-Курайского озера происходило синхронно с изменением уровня водной поверхности. Формирование ультравысоконапорной ледовой плотины с одновременным наполнением озера протекало в течение 1868 лет и осуществлялось путем послонного самонамораживания льда до абсолютной отметки 2133 м, чему благоприятствовали перигляциальные климатические условия и малые расходы воды в р. Чуя. Началом процесса могла послужить ледниковая подпруда, либо оно было результатом образования шуги, зажоров и др.

Период деградации и спуск озера был не одномоментным или кратковременным, как ранее полагалось; можно полагать, что спуск озера происходил в течение 200 лет и носил континуально-дискретный характер. Расходы воды в паводках, с учетом объемов воды от таяния льда ледовой подпруды, достигали 2160 м³/с. Паводковые расходы воды значительно превышали современные расходы в р. Чуя, что предопределило катастрофические изменения ландшафтов и морфоскульптуры долин рек Чуи и Катунь (Pozdnyakov, Borodavko, 2015).

Исследование выполнено по проекту № 0369-2019-0005 государственного задания ИМКЭС СО РАН.

Литература

Бутвиловский, В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. – 253 с.

Галахов, В.П., Самойлова, С.Ю. Оледенение Чуйской котловины в максимум последнего похолодания (Юго-Восточный Алтай) / Материалы V Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. – 2007. – С. 70-72.

Галахов, В.П., Самойлова, С.Ю. Древнее оледенение «сухих долин» Чуйской котловины (Юго-Восточный Алтай) // Известия РГО. – 2008. – Вып. 3. – С. 35-39.

Зольников, И.Д., Деев, Е.В. Гляциальные суперпаводки на территории Горного Алтая в четвертичном периоде: условия формирования и геологические признаки // Криосфера Земли. – 2013. – Т. XVII. – №4. – С. 74-82.

Ивановский, Л.Н. Гляциальная геоморфология гор – Новосибирск: Наука, 1981. – 172 с.

Инишев, Н.Г., Рудой, А.Н., Земцов, В.А., Вершинин, Д.А. Первая компьютерная модель течений в межгорной котловине при сбросе ледниково-подпрудного озера (на примере Курайской котловины, Горный Алтай) // Докл. Акад. наук. – 2015. – Т. 461. – №2. – С. 220-222.

Лунгерсгаузен, Г.Ф., Раковец, О.А. Некоторые новые данные о стратиграфии третичных отложений Горного Алтая // Труды ВАГТ. – 1958. – Вып. 4. – С. 79-91.

Окишев, П.А., Бородавко, П.С. Реконструкции «флювиальных катастроф» в горах Южной Сибири и их параметры // Вестн. Том. ун-та. – 2001. – №274. – С. 3-13.

Поздняков, А.В., Хон, А.В. К методике оценки расходов воды в Чуйско-Курайском ледово-подпрудном озере в стадии деградации // Успехи современного естествознания. – 2018. – №1. – С. 130-135.

Поздняков, А.В., Пупышев, Ю.С. Дина-

мика абразионно-аккумулятивных процессов в условиях непрерывного понижения уровня водного бассейна / XXXVI пленум Геоморфологической комиссии РАН: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Геоморфология — наука XXI века». — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2018. — С. 314–319.

Поздняков, А.В., Пупышев, Ю.С. Континуально-дискретный режим деградации Чуйско-Курайского ледово-подпрудного озера // Геосферные исследования. — 2020. — №1. — С. 56-65.

Поздняков, А.В., Пупышев, Ю.С. Чуйско-Курайское ледово-подпрудное озеро в стадиях формирования и деградации // Вестник СГУГиТ. — Новосибирск: СГУГиТ. — 2019. — Т.24. — №2. — С. 238-247.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15: Алтай и Западная Сибирь. Горный Алтай и Иртыш / Под ред. В.А. Семенов. — Л.: Гидрометеиздат. — 1969. — Вып. 1. — 328 с.

Рудой, А.Н. Возможные гидравлические характеристики и геохронология гляциальных суперпаводков на Алтае // Известия Русского географического общества. — 2001. — Т. 133. — Вып. 5. — С. 30–40.

Рудой, А.Н. Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика, палеогеографическое значение) — Томск: Изд-во

Том. пед. ун-та, 2005. — 224 с.

Русанов, Г.Г. Максимальный уровень Чуйского ледниково-подпрудного озера в Горном Алтае // Геоморфология. — 2008. — №1. — С. 65–71.

Baker, V.R., Benito, G., Rudoy, A.N. Palaeogidrology of late Pleistocene Superflooding, Altay Mountains, Siberia // Science. — 1993. — Vol. 259. — P. 348-350.

Herget Jü. Reconstruction of Pleistocene ice-dammed lake outburst floods in the Altai Mountains, Siberia / The Geological society of America, Special Paper 386. Boulder. Colorado., USA, 2005. — 118 p.

Pozdnyakov, A.V. Glacial Geosystems: principles of self-organization // Geography and Natural Resources. — 2013. — Т. 34. — №2. — P. 118-123.

Pozdnyakov, A.V. Self-freezing of the ice dam: the self-regulation algorithm // Geography and Natural Resources. — 2019. — Т. 40. — №2. — P. 180-186.

Pozdnyakov, A.V., Borodavko, P.S. Algorithm of natural cataclysm in SE Altai at the Pleistocene/Holocene boundary and its effects on geosystems dynamics. Gradualism vs Catastrophism in Landscape Evolution: Extended abstracts of International conference. Barnaul, Russia. — Publishing House of Altai State University, 2015. — P. 55–60.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ «РЯБИ ТЕЧЕНИЯ» ВСЛЕДСТВИЕ РУЧЕЙКОВО-БИФУРКАЦИОННОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ (КУРАЙСКАЯ КОТЛОВИНА, ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Поздняков А.В.^{1,2}, Пупышев Ю.С.¹, Пучкин А.В.^{1,2}, Хон А.В.^{1,2}

¹Институт климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия,
synergeia.pol@gmail.com

²Томский государственный университет, Томск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается механизм формирования полей ряби в Курайской межгорной котловине. Обоснованы положения о ручейково-бифуркационном механизме расчленения поверхности. Рассмотрены процессы формирования грядового рельефа вследствие