

УДК 551.89+550.93

## К ВОПРОСУ О ВОЗРАСТЕ ТЕРРАСОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК ЧУЯ И КАТУНЬ, РУССКИЙ АЛТАЙ: ИСКЛЮЧАТЬ ЛИ САРТАНСКИЙ КРИОХРОН ИЗ ЭПОХ ЛЕДНИКОВО-ПОДПРУДНЫХ ОЗЕР И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ?

© 2022 г. А. Р. Агатова<sup>1, 2, \*</sup>, Р. К. Непоп<sup>1, 2</sup>, П. Моска<sup>3</sup>, Б. Л. Никитенко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup>Институт физики Силезского технологического университета, Гливице, Польша

<sup>4</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

\*e-mail: rnk@igm.nsc.ru

Поступила в редакцию 25.12.2020 г.

После доработки 09.03.2022 г.

Принята к публикации 01.04.2022 г.

В основу готовящейся новой версии стратиграфической схемы четвертичных отложений Алтае-Саянской горной области положены представления о катастрофических спусках плейстоценовых ледниково-подпрудных озер, происходивших ранее 90 тыс. лет назад (в МИС-5 и древнее). Полученные нами геохронологические (OSL, <sup>14</sup>C) и палеонтологические данные свидетельствуют о необоснованности исключения сартанского криохрона (МИС-2) из эпох гляциогенных флювиальных катастроф на Алтае. В Чуйской впадине последнее катастрофически спущенное ледниково-подпрудное озеро существовало позднее 37 тыс. лет назад, Курайская впадина в МИС-2 заполнилась водой уже к ~25 тыс. лет назад и была осушена ~19–16 тыс. лет назад. Со спуском последнего ледниково-подпрудного Курайского озера коррелирует начало формирования разреза катафлювиально-озерных циклитов в долине р. Иня, правого притока р. Катунь, 17–16 тыс. лет назад (МИС-2). Ранее этот разрез был предложен в новую версию стратиграфической схемы Алтае-Саянской горной области в качестве парастратотипа катафлювиальной сальджарской толщи с возрастом МИС-5. Для отложений в бровке 70-метровой “сальджарской” террасы р. Катунь выше устья р. Чуя получены OSL даты 16–12 тыс. лет. Палеонтологические находки озерной фауны *in situ* позволяют пересмотреть представления об исключительно катафлювиальном генезисе сальджарских отложений 60-метровой террасы р. Катунь в устье ее левого притока р. Сема, а OSL дата 32 тыс. лет отложений в основании этой террасы указывает на начало их формирования не ранее конца МИС-3. Разрез, предложенный в качестве стратотипа постсальджарского малояломанского аллювия возрастом 90 тыс. лет, не отвечает требованиям Стратиграфического кодекса к стратотипу, поскольку контакт с сальджарской толщей в нем не вскрыт, генезис самих отложений спорный. В настоящий момент <sup>14</sup>C и OSL даты сальджарской толщи и постсальджарского аллювия формируют два непересекающихся кластера – старше 90 и 35–12 тыс. лет, что может быть связано как с методическими особенностями датирования, так и с недостаточной геологической изученностью. Лишь одна из восьми IRSL и OSL дат ининской толщи, слагающей высокие (до 300 м) бары в долинах рек Чуя и Катунь, попадает в интервал МИС-6, что недостаточно для обоснования ее возраста как МИС-6 и старше. Для корректного построения стратиграфических схем нового поколения представляется необходимым не только наращивание массива дат, полученных разными методами, но и комплексный анализ датированных отложений ключевых разрезов.

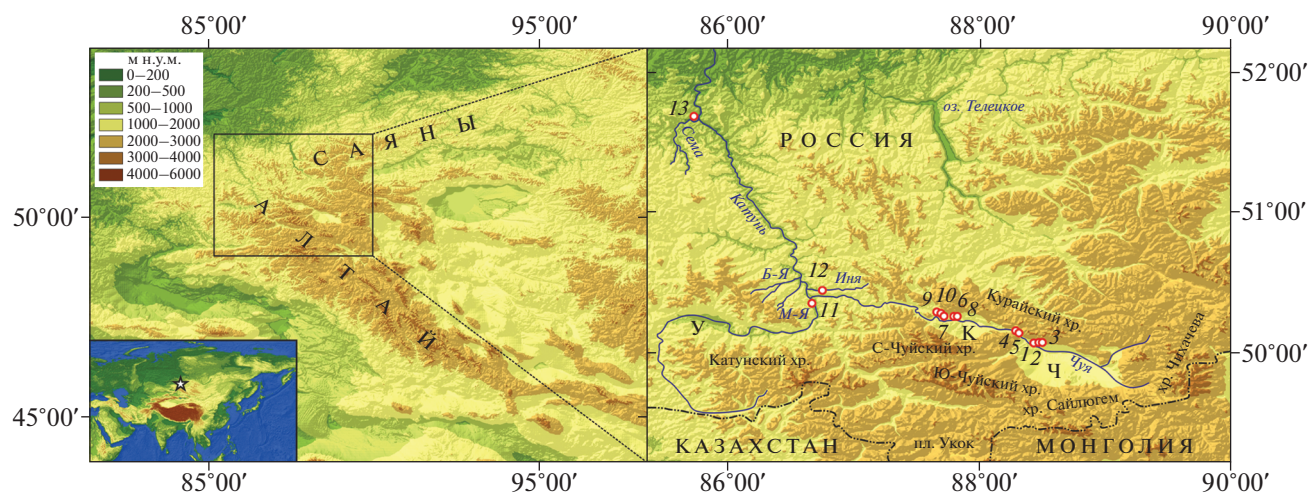
**Ключевые слова:** плейстоцен, ледниково-подпрудные озера, катастрофические паводки, ининская и сальджарская толщи, террасы рек Чуя и Катунь, Русский Алтай, OSL, <sup>14</sup>C, микропалеонтология

**DOI:** 10.31857/S0869592X22060023

### ВВЕДЕНИЕ

Существующая Унифицированная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Алтае-Саянской области (Решения..., 1983) была утверждена более сорока лет назад, в 1981 г.

В настоящее время, согласно решениям межведомственного рабочего стратиграфического совещания, проходившего 22–23 ноября 2018 г. в Новосибирске, секцией четвертичной системы Сибирской региональной межведомственной стратиграфической комиссии (СибРМСК) ведется разработка



**Рис. 1.** Высокогорная часть Русского Алтая, во впадинах которой в плейстоцене формировались крупные ледниково-подпрудные озера.

Впадины: Ч – Чуйская, К – Курайская, У – Уймонская. Реки: М-Я – Малый Яломан, Б-Я – Большой Яломан. Цифрами обозначены рассмотренные в статье разрезы.

новой стратиграфической схемы этой горной территории в рамках парадигмы, рассматривающей террасовые комплексы магистральных долин Алтая и Саян как результат катастрофических гляциальных паводков. Считается, что паводки неоднократно возникали в плейстоцене при прорывах ледниково-подпрудных озер, формировавшихся в крупных высокогорных впадинах. Данная парадигма не является новой – возможность катастрофических прорывов озер Алтае-Саян отдельные исследователи позитивно рассматривали еще в 1960-е–1970-е годы, а с 1990-х годов, начиная с работ А.Н. Рудого и В.В. Бутвиловского, ее положения детально разрабатывались для Алтае-Саянской области многими отечественными и зарубежными исследователями. Однако по ряду объективных причин возможность ревизовать региональную схему появилась лишь в настоящее время. Подавляющее количество хронологических данных получено для Русского (Горного) Алтая (их актуальный для 2020 г. обзор приведен в работе (Herget et al., 2020)); для Чуйской, Курайской и Уймонской впадин, где формировались ледниково-подпрудные озера, и долин рек Чуя и Катунь, по которым проходили катастрофические паводки при прорывах этих озер (рис. 1). Тем не менее, несмотря на максимальную для горных сооружений Центральной Азии степень изученности отложений катастрофических гляциальных паводков Алтая, целый ряд принципиальных вопросов в рамках рассматриваемой парадигмы остается дискуссионным.

Один из таких вопросов – хронология формирования ининской и салджарской диллювиальных (катафлювиальных) толщ, слагающих высокие (до 350 м над урезом рек) и средние (до 60 м) террасы в магистральных долинах рек Чуя и Катунь и при-

устевых частях долин их притоков. С этой проблемой связаны и представления о времени последних флювиальных катастроф на Алтае. Именно они определяют направления поиска археологических памятников, возраст и сохранность которых напрямую связаны с осушениями впадин и прохождением катастрофических селей по долинам рек Чуя и Катунь.

В данной работе (1) рассматриваются существующие взгляды на возраст террас рек Чуя и Катунь и время последних флювиальных катастроф; (2) обсуждаются дискуссионные моменты в обосновании взглядов, принятых в качестве основы разрабатываемой стратиграфической схемы; (3) приводятся полученные после совещания 2018 г. данные о существовании и спусках ледниково-подпрудных озер позднее МИС-4 и влиянии этих процессов на рельеф и отложения впадин и долин Русского Алтая.

#### СУЩЕСТВУЮЩИЕ ВЗГЛЯДЫ НА ХРОНОЛОГИЮ ПАВОДКОВЫХ СОБЫТИЙ И ТЕРРАС РЕК ЧУЯ И КАТУНЬ

Представления о катастрофическом характере спуска ледниково-подпрудных озер и диллювиальном (катафлювиальном) генезисе плейстоценовых отложений в магистральных долинах Алтая являются преобладающими, хотя ряд российских исследователей полагает спуски Курайского и Чуйского палеоводоемов постепенными, а генезис отложений террас рек Чуя и Катунь – аллювиальным (Парначев, 1999; Окишев, Бородавко, 2001; Зыкин и др., 2011).

В то же время, как подчеркивалось выше, среди сторонников катастрофизма имеются разногла-

сия по поводу времени формирования отложений террас и прохождения последних катастрофических паводков.

Взгляды на возраст ининской и сальджарской толщ, слагающих высокие и средние террасы рек Чуя и Катунь, увязаны с весьма различающимися представлениями о количестве, возрасте и масштабах оледенения Алтая. Так, согласно схеме Е.В. Девяткина (1965) Алтай подвергся максимальному оледенению в среднем плейстоцене; из двух оледенений позднего плейстоцена последнее, сартанское в стратиграфических схемах Западной Сибири или МИС-2 по шкале SPECMAP, было минимальным по площади. Первоначально возрастные определения были относительными, со временем схема стала обосновываться TL и  $^{14}\text{C}$  датами (Свиточ и др., 1978; Архипов и др., 1982). По В.В. Бутвиловскому (1993), А.Н. Рудому (1988) сартанское (МИС-2) оледенение, напротив, было максимальным (возможное существование предыдущих оледенений не отрицается, но их количество и возраст не обсуждаются). Хронологическими реперами послужили  $^{14}\text{C}$  даты подстилающих морены отложений и покровного субэарального комплекса (Бутвиловский, 1993).

Соответственно, принимая за основу представления о максимальном масштабе последнего оледенения и опираясь на  $^{14}\text{C}$ , OSL,  $^{10}\text{Be}$  даты, Бутвиловский (1993), Рудой (2005), Herget (2005) и коллективы исследователей (Reuther et al., 2006; Gribenski et al., 2016) полагают, что катастрофические паводки происходили в сартанское (МИС-2) время. При этом, согласно (Herget, 2005), сальджарская толща представляет собой грубообломочные донные отложения, а ининская толща, сложенная преимущественно дресвяным материалом, формирует гигантские бары вдоль склонов долин.

Напротив, И.Д. Зольников с коллегами (Зольников, 2008; Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников и др., 2016; Krivonogov et al., 2017; Deev et al., 2019 и др.), следуя схеме Девяткина (1965), считают, что ининская толща сформирована в МИС-6 и даже ранее в результате наиболее катастрофических паводков и коррелирует с максимальным среднеплейстоценовым оледенением, тогда как сальджарская толща соответствует МИС-4 либо даже МИС-5 и аккумулярована в ходе уже менее полноводных паводков в эпоху первого позднеплейстоценового оледенения. Предполагается, что в МИС-2 ледники второго позднеплейстоценового оледенения не выходили за пределы долин притоков, Чуйская и Курайская впадины ледниками не перекрывались и ледниково-подпрудными озерами не заполнялись, как следствие, гляциогенные флювиальные катастрофы в этот период не происходили (Зольников, 2008; Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников, 2011).

Позднее допускается, что в конце МИС-2, около 14 тыс. лет назад, в западной части Курайской впадины все-таки существовало небольшое ледниково-подпрудное озеро, спуск которого тем не менее не мог привести к аккумуляции дилювиальных толщ в долинах рек Чуя и Катунь (Зольников и др., 2016). Данные выводы поддерживаются  $^{14}\text{C}$ , TL, OSL, IRSL датами.

Именно эта точка зрения, отрицающая существование в МИС-2 ледниково-подпрудных озер и флювиальных катастроф на Алтае и “забронированная” за этими катастрофами эпохи МИС-4–МИС-6 и, возможно, более ранние, была принята за основу новой стратиграфической схемы четвертичных отложений Алтае-Саянской области на межведомственном рабочем стратиграфическом совещании СибРМСК в ноябре 2018 г. (Новосибирск). Эта концепция детально изложена в многочисленных публикациях (Зольников, 2008, 2011; Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников и др., 2010, 2016, 2021; Деев и др., 2012; Krivonogov et al., 2017; Deev et al., 2019 и др.). Ввиду того что она претендует на роль основной при формировании новой стратиграфической схемы Алтае-Саянского региона, в настоящей статье обсуждаются наиболее дискуссионные моменты в обосновании этой концепции.

#### ДИСКУССИОННЫЕ МОМЕНТЫ В ОБОСНОВАНИИ ДРЕВНЕГО (МИС-4–МИС-6 И СТАРШЕ) ВОЗРАСТА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ АЛТАЯ

##### *Ининская толща*

Ининская толща, слагающая высокие (до 300 м) террасы рек Чуя и Катунь, в рамках обсуждаемой концепции сопоставляется с наиболее древними гляциальными паводками Алтая. Тем не менее в настоящее время для нескольких ключевых разрезов ининской дилювиальной толщи разными исследователями дается их различное толкование и получен ряд заметно отличающихся дат, что не позволяет считать предлагаемую И.Д. Зольниковым с коллегами возрастную оценку – МИС-6 и древнее – единственно возможной для этих отложений.

Аккумуляция ининской толщи завершилась ранее  $30.5 \pm 2.4$  тыс. лет назад. По данным (Panin et al., 2015a), это наиболее древняя из трех OSL дат субэарального покрова высокой террасы (а вернее, бара; см. Carling et al., 2002; Рудой, 2005; Herget, 2005 для объяснений разницы) в долине р. Катунь в районе устья р. Иня. Непосредственно из отложений высоких террас в приустевой части долины р. Чуя ранее была получена TL дата  $148 \pm 16.7$  тыс. лет (МГУ–КТЛ-89; Свиточ и др., 1978). На упомянутом рабочем совещании СибРМСК в ноябре 2018 г. было принято реше-

ние об исключении TL дат, полученных до 1978 г., как невалидных, из будущей стратиграфической схемы. Тем не менее с этой TL датой совпала новая IRSL дата  $152 \pm 20$  тыс. лет (RLQG 2207-093) отложений в основании Усть-Чуйского разреза в долине р. Катунь (Deev et al., 2019), которую исследователи посчитали единственной пока численной оценкой возраста ининской толщи. Однако ранее уже была получена IRSL дата из основания левобережного бара в долине р. Катунь выше устья р. Чуя, но значительно более молодая —  $86 \pm 16$  тыс. лет (Herget, 2005, p. 31; датирование выполнено Г. Бергером в Desert Research Institute (Reno, Nevada) для образца П. Карлинга в 2000 г.), а также OSL даты  $100 \pm 13$  и  $125.3 \pm 8.4$  тыс. лет в районе устья р. Иня (Panin et al., 2015a) и  $102.10 \pm 8.8$ ,  $128.8 \pm 7.4$ ,  $132 \pm 11$ ,  $73.2 \pm 5.2$  тыс. лет в районе устья р. Большой Яломан (Panin et al., 2015b). Последняя из дат ( $73.2 \pm 5.2$  тыс. лет), хотя и является инверсионной, А.В. Паниным с коллегами не отбраковывается, так как до проведения повторного массового датирования нет уверенности в валидности более древних дат из верхней части разреза — они могут быть удревнены за счет неполной засветки анализируемых зерен кварца перед их захоронением в осадке (Panin et al., 2015b). На проблему возможного удревнения люминесцентных дат дилювиальных толщ Алтая указывают и Хергет с коллегами (Herget et al., 2020).

Таким образом, если исключить из рассмотрения TL дату “старого поколения”, то на сегодняшний день ининская толща охарактеризована восемью заметно различающимися IRSL и OSL датами, из которых одна попадает в интервал МИС-4, шесть дат — в МИС-5<sup>1</sup> и только одна — в МИС-6, что явно недостаточно для обоснования возраста толщи как МИС-6 и старше и ее корреляции со среднеплейстоценовым оледенением. Подчеркнем, что А.В. Панин и Г.Я. Барышников (Panin, Varyshnikov, 2015) ининскую толщу в основании Усть-Чуйского разреза, где Деевым с коллегами (Deev et al., 2019) получена наиболее древняя IRSL дата, вообще не выделяют, полагая, что под урез р. Катунь здесь уходит сальджарская толща.

Вопрос вызывают и реконструкции масштаба среднеплейстоценового оледенения, по мнению (Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников и др., 2010, 2016; Krivonogov et al., 2017) ответственного за максимальные паводки и формирование ининской толщи. Согласно (Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников и др., 2010; Деев и др., 2012), среднеплейстоценовые Чаган-Узунский и Кызыл-

чинский ледники, берущие начало в Южно-Чуйском хребте, сливаясь, перекрывали западную часть Чуйской впадины и выходили на ее северную окраину, где поднимались вверх против уклона ледникового ложа вплоть до отметок 2250–2300 м н.у.м. По мнению цитируемых авторов, во фронте этого ледника шириной до 20 км, на южном склоне Курайского хребта сформировался канал прорыва вод среднеплейстоценового подпрудного бассейна, сохранившийся в рельефе в виде висячей долины, протягивающейся от бугров Бигдон до долины р. Балхаш. Каких-либо хронологических данных в поддержку своих палеогеографических построений авторы не привели. Отметим, что эта реконструкция не подтверждается анализом петрографического состава обломков — на южном склоне Курайского хребта отсутствуют валуны пород, характерных для Южно-Чуйского хребта и морен у его подножия, а “канал прорыва” имеет тектоническое происхождение (Агатова, Непоп, 2017). В более поздней публикации того же исследовательского коллектива (Krivonogov et al., 2017) размер среднеплейстоценового оледенения уже кардинально уменьшен до правой из двух моренных лопастей Чаган-Узунского палеоледника у подножия Южно-Чуйского хребта. Обоснованием среднеплейстоценового возраста лопасти послужила ее террасированность береговыми уровнями озера, существовавшего, по мнению авторов, в начале позднего неоплейстоцена (МИС-4). Опубликованные годом ранее (Gribenski et al., 2016) результаты <sup>10</sup>Ве датирования моренных отложений этой же лопасти (~19 тыс. лет; усреднение по четырем <sup>10</sup>Ве датам) в данной реконструкции не упоминаются и не обсуждаются<sup>2</sup>. Ничего уже не говорится и о перегораживании среднеплейстоценовыми ледниками западной окраины Чуйской впадины и о канале прорыва, хотя по-прежнему подчеркивается максимальный размер оледенения и гляциогенных паводков в среднем плейстоцене. В свою очередь, отметим, что озерные уровни моде-

<sup>2</sup> Для подтверждения древнего (МИС-6) возраста оледенения, с которым И.Д. Зольников с коллегами связывают наиболее катастрофические паводки, в работах (Зольников, 2008; Зольников, Мистрюков, 2008; Krivonogov et al., 2017) привлечены TL даты (Шейнкман, 2002), как даты “нового поколения”. Однако эти даты, большинство из которых было опубликовано еще в 1990 г. (Шейнкман, 1990), не отвечают современным требованиям к численному датированию: отсутствует описание методики датирования; не указаны лабораторные номера образцов и лаборатория, где проведено датирование; в публикациях разных лет (Шейнкман 1990, 2002) для ряда образцов без объяснения изменены сами даты, их доверительные интервалы и места отбора, что отмечалось неоднократно (Михайлов, 2005; Agatova, Nepar, 2017). В силу характера ледниковой седиментации TL метод в целом является неподходящим для датирования морен (Непоп и др., 2011; Gribenski et al., 2016; Agatova, Nepar, 2017). Тем не менее TL даты из работ (Шейнкман, 1990, 2002) привлечены в качестве хронологической основы ледникового плейстоцена Алтая в новую версию стратиграфической схемы Алтае-Саянской области.

<sup>1</sup> Хергет с коллегами (Herget et al., 2020) ставят под сомнение как корректность OSL дат дилювия, попадающих в теплое Казанцевское межледниковье (МИС-5e), так и предлагаемое Паниным и коллегами (Panin et al., 2015b) объяснение этого факта инерцией дегляциации.

лируют и левую моренную лопасть Чаган-Узунского палеоледника, поэтому разделять моренные лопасти по возрасту на основании их террасированности необоснованно. В целом сохраняющаяся дискуссионность вопросов хронологии, количества и масштабов оледенений ЮВ Алтая (эти вопросы рассмотрены в статьях (Agatova, Neror, 2017; Herget et al., 2020; Ganyushkin et al., 2021)) не позволяют пока использовать противоречивые данные об оледенении для выводов о возрасте и степени катастрофичности гляциогенных паводков.

Немаловажно и то, что на рубеже средне- и позднелейстоценовой эпох оледенений произошла значительная тектоническая перестройка рельефа ЮВ Алтая: в среднем плейстоцене абсолютные высоты хребтов были ниже, рельеф менее расчлененным (Девяткин, 1965; Agatova, Neror, 2017), что несомненно оказывало влияние не только на масштаб оледенений, но и на параметры ледниково-подпрудных озер и паводков в МИС-6 и ранее, если таковые тогда возникали. К сожалению, тектонический аспект в обсуждаемой концепции древних гляциогенных паводков в горах Алтая также не учитывается.

#### *Сальджарская толща*

Большой массив  $^{14}\text{C}$ , TL, OSL и IRSL данных в настоящее время получен для сальджарской толщи, в которой вырезаны средние (до ~60 м) террасы рек Чуя и Катунь, и перекрывающих ее отложений. Однако, как и в случае с ининской толщей, при обосновании ее возраста в работах (Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников, 2008, 2011; Зольников и др., 2016) большинство дат, полученных другими исследователями, и альтернативные трактовки генезиса датировемых отложений в конкретных разрезах (Барышников, 1992; Baryshnikov et al., 2015; Carling et al., 2002; Herget, 2005) не рассматривались. Несмотря на большее количество дат, их широкий разброс и различные генетические интерпретации отложений ключевых разрезов (см. (Herget et al., 2020) для обзора) указывают на неоднозначность определения возраста сальджарской толщи как МИС-4 (Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников, 2008, 2011) или даже старше, >80–90 тыс. лет, т.е. МИС-5 (Зольников и др., 2016; Зольников, Деев, 2021; Deev et al., 2019). В зоне влияния катастрофических паводков и развития сальджарской толщи (в Уймонской впадине она не установлена) сторонниками ее древнего (>80–90 тыс. лет) возраста в долине р. Катунь датированы лишь два разреза, в которых эта толща даже не вскрыта. При этом запредельная  $^{14}\text{C}$  дата (>37.2 тыс. лет, (AA-79789)) костных остатков в слое алевропеска между субаэральным покровом и аллювием II надпойменной террасы Катунь у села Дубровка (Зольников, Деев,

2021) отнюдь не доказывает МИС-5 возраст сальджарской толщи. Отложения в устье р. Малый Яломан, трактуемые как наиболее древний постсальджарский аллювий<sup>3</sup>, охарактеризованы лишь одной IRSL датой –  $89 \pm 10$  тыс. лет (RIS0-132543). По мнению Зольникова с коллегами (2016), эта дата ограничивает время формирования и самой сальджарской толщи, и таких специфических форм рельефа, как “ининский сад камней” и рябь течения, на поверхности средних террас Катунь. Именно эта единичная дата послужила поводом для значительного удревления возраста сальджарской толщи до МИС-5 и стала одним из основных аргументов для отрицания гляциальных суперпаводков в МИС-2 не только в долине р. Катунь, но и в долине р. Чуя (Зольников и др., 2016; Deev et al., 2019). Эта “постсальджарская” дата противоречит упомянутым выше IRSL и OSL датам  $73.2 \pm 5.2$ ,  $86 \pm 16$  и  $100 \pm 13$  тыс. лет более древней ининской толщи,  $^{14}\text{C}$  дате  $28730 \pm 995$  лет (не кал.) (СОАН-2301) костей мамонта в кровле катафлювиальной толщи (Барышников, 1992), полученным нами  $^{14}\text{C}$  и OSL датам отложений средних террас в устьях рек Иня, Сема и на Усть-Чуйском участке р. Катунь (см. ниже), а также результатам  $^{10}\text{Be}$  датирования валунов на поверхности бара в устье р. Малый Яломан и на днищах Курайской и Чуйской впадин. Продолжительность экспонирования этих валунов ограничивает прохождение по р. Катунь последнего катастрофического паводка из Чуйско-Курайской системы впадин рубежом ~18 тыс. лет (пересчитанные Грибенски и др. (Gribenski et al., 2016)  $^{10}\text{Be}$  даты, полученные Ройтер с коллегами (Reuther et al., 2006)). Отметим, что современными геохронологическими данными (набором OSL дат) подкреплена и другая альтернативная точка зрения относительно характера и времени формирования сальджарской толщи: накопление отложений в целом происходило скорее постепенно, чем в результате одного катастрофи-

<sup>3</sup> В качестве стратотипа постсальджарского Малояломанского аллювия И.Д. Зольников (2008) рассматривает отложения, вскрытые карьером на левом берегу р. Катунь в 900 м к юго-востоку от устья р. Малый Яломан. Однако контакт этих отложений и сальджарской толщи в данном разрезе не вскрыт. Напомним, что, согласно Стратиграфическому кодексу (2019), стратотип – эталон объема, границ и общей характеристики подразделения. Очевидно, что вследствие отсутствия стратиграфических границ данный разрез не может претендовать на стратотип постсальджарского Малояломанского аллювия, тем более что отсутствует и лимитотип – стратотип границы катафлювиальной сальджарской толщи и отложений, трактуемых И.Д. Зольниковым как врезанный в нее аллювий. Подчеркнем, что Ю. Хергет (Herget, 2005) считает эти же отложения образовавшимися в заключительную фазу катастрофического паводка, т.е. относит их к собственно катафлювиальным. В целом, актуальной является задача разделения отложений постпаводкового аллювия и заключительной фазы паводка, характеризующейся снижением скорости потока (что не исключает врезания в подстилающие отложения).

ческого события, и длилось несколько тысяч лет — от >14 до ~12 тыс. лет назад, т.е. в МИС-2 (Panin, Baryshnikov, 2015). Очевидно, что для решения этого дискуссионного вопроса необходим более тщательный подход к генетической интерпретации разрезов и дальнейшее датирование сальджарской толщи и перекрывающих ее отложений, поскольку к настоящему времени их абсолютные даты формируют непересекающиеся кластеры — ~90 и 35—12 тыс. лет. Без такого исследования сопоставление дилювиальной сальджарской толщи Алтая и пока недатированной улулгемской толщи Тувы и принятие возраста обеих толщ древнее 90 тыс. лет на основании единственной IRSL даты  $89 \pm 10$  тыс. лет (Шпанский и др., 2020), на наш взгляд, было преждевременным.

### ДИСКУССИОННЫЕ МОМЕНТЫ В ОБОСНОВАНИИ ОТСУТСТВИЯ ЛЕДНИКОВО-ПОДПРУДНЫХ ОЗЕР И ФЛЮВИАЛЬНЫХ КАТАСТРОФ НА АЛТАЕ В МИС-2

Основные положения этой точки зрения были сформулированы в работах (Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников, 2008, 2011) исключительно на основе хронологических данных предшественников, при анализе которых, однако, в ряде случаев были допущены ошибки. Так, некалиброванные  $^{14}\text{C}$  даты  $35870 \pm 490$  (Beta-159972),  $32190 \pm 260$  (Beta-137035 UM993) и  $28730 \pm 995$  (СОАН-2301) лет приводятся в качестве обоснования досартанского (древнее МИС-2) возраста постозерных и посткатастрофических субаэральных отложений Алтая (Зольников, Мистрюков, 2008). Однако, согласно (Бородавко, 2003), дата  $35870 \pm 490$  лет характеризует время быстрого снижения уровня ледниково-подпрудного озера в Чуйской впадине, а дата  $32190 \pm 260$  лет — существование крупного, с уровнем не менее 1860 м н.у.м. (около 200 м глубиной), ледниково-подпрудного озера в Курайской впадине, т.е. обе даты свидетельствуют о заполнении впадин водой в МИС-3 и позже<sup>4</sup>. Кости мамонта возрастом  $28730 \pm 995$  тыс. лет (СОАН-2301), по мнению авторов находки Г.Я. Барышникова и А.М. Малолетко, датируют включаю-

щие их отложения катастрофического паводка в составе Майминского вала в долине р. Катунь (Барышников, 1992; Русанов, Орлова, 2013), а отнюдь не более поздний субаэральный покров, как указано в монографии (Зольников, Мистрюков, 2008).

При формировании представлений об исключительно древнем возрасте дилювиальных толщ и флювиальных катастроф Алтая полностью выпали из рассмотрения уже опубликованные к тому времени даты плейстоценовых и постледниковых субаэральных отложений Чуйской и Курайской впадин и долин рек Чуя, Катунь, Иня из работ (Carling et al., 2002; Herget, 2005; Reuther et al., 2006 и др.). Не были учтены и результаты датирования субаэрального комплекса В.В. Бутвиловским, который подчеркивал, что  $^{14}\text{C}$  даты постледниковых отложений “во всех случаях не превышают 10–12 тыс. лет, отвечая голоцену и позднеледниковью” (Бутвиловский, 1993, с. 11, даты не калиброваны). На основании массового радиоуглеродного датирования погребенных почв, торфов, кострищ, включений древесного угля, растительных остатков нами был получен такой же результат (Agatova et al., 2014, 2016, 2020a; Agatova и др., 2016; Nepor et al., 2020b).

В качестве одного из подтверждений отсутствия ледниково-подпрудных озер позднее МИС-4 рассматриваются и “равномерно распределенные по всей территории котловины” Чуйские палеолитические памятники, радиоуглеродное датирование которых могло бы помочь для постдатирования озер (Зольников, Мистрюков, 2008). Однако Деревянко и Маркин (1987) вполне определенно указывают на то, что 12 из 15 местонахождений являются нестратифицированными, т.е. каменный материал залегают на поверхности вне культурного слоя, а такие артефакты в принципе не могут быть датированы радиоуглеродным методом. Анализ гипсометрической позиции Чуйских памятников (Агатова, Непоп, 2017) показал, что все стратифицированные местонахождения залегают выше максимального озерного уровня 2100 м, т.е. их датирование не прольет свет на хронологию ледниково-подпрудных озер и катастрофических спусков. Расположение более древних (по технико-типологическим характеристикам) подъемных материалов на высоте около 2000 м н.у.м. не отрицает существование в Чуйской впадине озера до 250 м глубиной позднее либо синхронно с бытованием этих памятников, а позиция наиболее низких молодых артефактов допускает возможное наполнение впадины до уровня как минимум 1770 м в конце позднего плейстоцена—начале голоцена (Агатова, Непоп, 2017). Так как поздний палеолит на Алтае датирован широким возрастным интервалом 50–10 тыс. лет, сами по себе находки каменных орудий еще не “перечеркивают” существование озер во впадинах в МИС-2.

<sup>4</sup> К сожалению, неточности в стратиграфической и площадной привязке обсуждаемых AMS  $^{14}\text{C}$  дат есть и в самой работе (Бородавко, 2003). Дата  $35870 \pm 490$  лет (Beta-15997) получена в урочище Камсуг не для отложений гравийно-галечных гряд, как указано в (Бородавко, 2003, с. 111), а для органогенного слоя в кровле подстилающих их отложений (Herget, 2005, р. 36; Herget et al., 2020), т.е. она предатирует существование и спуск озера в Чуйской впадине (валидность этой  $^{14}\text{C}$  даты обсуждается в (Agatova et al., 2020a)). Дата  $32190 \pm 260$  лет (Beta-137035 UM993) получена для включений органики в отложениях озерной террасы на высоте 1900 м в Чуйской впадине (Carling et al., 2002, р. 22–23), а не в Курайской впадине на высоте 1860 м (Окишев, Бородавко, 2001; Бородавко, 2003).

Детальное изучение разрезов и рельефа в долине р. Чуя между Курайской и Чуйской впадинами позволило Зольникову и Мистрюкову (2008) сделать вывод о том, что на протяжении оледенения Куектанарский ледник то перегораживал Чуйскую долину, то прорывался водами подпрудного Чуйского озера, а на завершающем этапе оледенения один или несколько гигантских паводков прошли по уже сформировавшейся поверхности Куектанарских моренных гряд в результате прорыва ледниковой плотины, подпруживавшей озеро в Курайской впадине. Временем последнего осушения обеих впадин авторы полагали МИС-4. Предпринятая затем попытка датирования морен Куектанарского ледника показала иной результат (Зольников и др., 2021; Деев и др., 2021): три OSL даты легли в интервал 30–25 тыс. лет, наиболее кондиционной из которых авторы считают одну –  $24.3 \pm 2.5$  тыс. лет, попадающую в МИС-2, что, казалось бы, и определяет возраст последних паводков. Однако теперь сохранность морен, по мнению авторов, напротив, свидетельствует о том, что в эпоху последнего ледникового максимума (20–23 тыс. лет назад) и позднее катастрофических сбросов воды из Чуйской впадины не было, а озеро из Курайской впадины не достигало устья р. Куектанар. При этом никак не обсуждаются детально описанные ранее одним из соавторов разрезы ниже устья р. Куектанар и сделанные на их основании выводы о наличии следов гигантских паводков из обеих впадин в рельефе и отложениях Куектанарского участка долины р. Чуя (Зольников, Мистрюков, 2008), то есть вопросы генетической интерпретации этих разрезов, последовательности и хронологии выделенных в них событий по-прежнему открыты.

Интерпретация отложений ключевого разреза в Курайской впадине как постозерного аллювия (Зольников, 2011) – еще один дискуссионный момент в обосновании отсутствия ледниково-подпрудных озер в МИС-2: некалиброванная  $^{14}\text{C}$  дата  $20750 \pm 220$  лет (СОАН 4971) органического включения в отложениях, террасированном озером, в принципе не может характеризовать постозерный период. Ошибочность генетической интерпретации отложений как аллювия обсуждается ниже (см. описание разреза б). Отметим, что позднее этот же разрез И.Д. Зольников начал трактовать прямо противоположно – уже как типичные отложения прорывного паводка при спуске ледниково-подпрудного озера, но более древнего, чем МИС-2 (Krivonogov et al., 2017).

Таким образом, каких-либо бесспорных данных о постозерном и посткатафлювиальном морфолитоогенезе Курайской и Чуйской впадин ранее конца позднего плейстоцена – начала голоцена до настоящего времени нет. При этом сами исследователи, получив затем для озерных отложений в устье Курайской впадины (на высоте 1470 м н. у. м.)

OSL дату  $14.4 \pm 1.4$  тыс. лет (RIS0-142565) (Зольников и др., 2016), отвечающую поздней МИС-2, объяснили формирование небольшого, по их мнению, Баратальского озера подпруживанием впадины Чибитским ледником. Однако на схеме Е.В. Девяткина (1965, рис. 45), которой придерживались И.Д. Зольников с коллегами, этот ледник соответствует отнюдь не долинному второму позднеплейстоценовому (МИС-2), а значительно более крупному первому позднеплейстоценовому (или МИС-4) оледенению. Чибитский ледник потому и спускался так низко – до 1200–1300 м н.у.м., что являлся выводным ледником огромного ледникового покрова, развивавшегося к северу от Курайского хребта. Для подпруживания в устье Курайской впадины даже небольшого мелкого озера Чибитский ледник должен был иметь толщину не менее 200–300 м, а питающий его покров – еще более значительную мощность. Поэтому привлечение выводного ледника такого покрова в качестве плотины небольшого водоема в самом конце сарганского криохрона и одновременное отрицание крупного оледенения и связанных с ним флювиальных катастроф в течение всей сарганской эпохи, включая ее максимум, является, на наш взгляд, явным противоречием в реконструкции, предложенной в работах (Зольников и др., 2016; Krivonogov et al., 2017). Кроме того, именно для временного рубежа около 14 тыс. лет назад в отложениях Курайской и Чуйской впадин зафиксированы свидетельства значительной деградации сарганского оледенения. В это время ледники уже отсутствовали у подножия Северо-Чуйского хребта (Blyakharchuk et al., 2008), а на западном склоне хребта Чихачёва они если и существовали, то располагались выше 2470 м н.у.м. (Agatova et al., 2016; Nepor et al., 2020b) – отметки, более чем на километр превышающей местоположение конечных морен Чибитского ледника.

В 2021 г. появились еще две OSL даты отложений Баратальского озера из того же разреза (Зольников и др., 2021). Зольников с коллегами предполагают его непрерывное существование без каких-либо спусков уже как минимум с 20 тыс. лет, по-прежнему считая дамбой Чибитский ледник, что кардинальным образом меняет их взгляды на масштаб оледенения Алтая в МИС-2. Однако выводной Чибитский ледник не мог подпруживать озера в Курайской впадине: он располагался значительно ниже и дальше по старой долине р. Чуя. Соответственно, датировать его по отложениям Баратальского озера неверно. Даже при столь значительной депрессии снеговой линии, вызывавшей покровное оледенение к северу от Курайского хребта, Курайскую впадину мог блокировать только долинный Маашейский ледник: он выходил из более высокого Северо-Чуйского хребта как раз в устье впадины, перегораживая и старую, и новую долины р. Чуя (Agatova et al., 2019; Agatova et al., 2020b).

При этом Чибитский и Маашейский ледники даже не соприкасались, на что указывает расположение их конечных морен. Очевидно, что реконструкция существования мощной ледовой подпруды далеко внизу в старой долине р. Чуя и небольшого озера в устье Курайской впадины уже в течение всей МИС-2 (Зольников и др., 2021) также не самая убедительная. На наш взгляд, ее авторы неизбежно придут к принятию крупного водоема, в МИС-2 заполнявшего всю Курайскую впадину (возможно, неоднократно), подпруженного Маашейским ледником до уровня не ниже 1650 м н.у.м. и спущенного около 19–16 тыс. лет назад (Агатова и др., 2019; Agatova et al., 2020b).

В целом же даже на момент формулирования взгляда об отсутствии ледниково-подпрудных озер и флювиальных катастроф на Алтае позднее МИС-4 или даже МИС-5 убедительных данных для его обоснования не было. К настоящему времени накоплено множество дополнительных фактов, свидетельствующих о том, что такие озера в конце позднего плейстоцена формировались, имели большую площадь и быстро осушались, а аккумуляция сальджарской толщи могла быть связана с их спусками.

#### ДАННЫЕ О СУЩЕСТВОВАНИИ И КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СПУСКАХ ЛЕДНИКОВО-ПОДПРУДНЫХ ОЗЕР РУССКОГО АЛТАЯ В КОНЦЕ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА

Рассмотрим эти данные, в том числе ранее не публиковавшиеся, в направлении от впадин, где формировались озера, до среднего течения р. Катунь. Данные получены с применением геоморфологического, палеонтологического, геохимического, палеопедологического методов,  $^{14}\text{C}$  и OSL методов датирования. Радиоуглеродное датирование проводилось в Институте географии РАН и Институте геологии и минералогии СО РАН, OSL датирование – в лаборатории люминесцентного датирования Института физики Силезского технологического университета, Польша.

##### *Чуйская и Курайская впадины*

Урочище Камсуг (разрез 1,  $50^{\circ}03'31.3''$  с.ш.;  $88^{\circ}26'34.3''$  в.д.; 1783 м н.у.м.).

В Чуйской впадине для установления нижнего хронологического рубежа последнего катастрофического спуска были датированы пролювиальные отложения, подстилающие рябь течения в урочище Камсуг (рис. 1, 2) (Agatova et al., 2020a). Обнажение расположено в нижней части донного поля – ряби течения (Carling et al., 2002; Бородавко, 2003; Hergert, 2005), залегающего в высотном интервале 1880–1760 м н.у.м. у подножия Курайского хребта в устье впадины (рис. 3). Это

наиболее протяженное по высоте поле ряби течения в пределах Чуйско-Курайской системы впадин. Его формирование, по всей видимости, могло быть вызвано быстрым падением уровня последнего ледниково-подпрудного озера в Чуйской впадине более чем на 120 м. Расположение поля в устье впадины, северо-восточное простираение дюн и падение слоев слагающего их обломочного материала в северо-западном направлении указывают на сброс озерных вод из Чуйской котловины в Курайскую.

Дилювий представлен косослоистым гравийно-валунно-галечным материалом мощностью 1.5–2.3 м. Угол падения слоев, образуемых за счет градации обломков по размеру, составляет  $\sim 18^{\circ}$  и выполаживается в подошве толщи. Дилювий с несогласием залегает на пролювиальной толще, деформированной оползанием. Пролувиий видимой мощностью 0.9 м сложен слоями суглинков с включениями углефицированного органического материала, гравийных супесей, песков. Суглинки в кровле пролювия представляют собой горизонт [В] палеопочвы. Верхний органико-аккумулятивный горизонт [А] этой почвы ранее либо синхронно с перекрытием дилувием был эродирован, возможно, как и перекрывавшие почву озерные отложения. Почвенные процессы были представлены криогенезом и солифлюкцией, что свидетельствует о преобразовании поверхности древнего пролювия в условиях холодного и влажного климата позднего плейстоцена. Это наиболее древняя почва из известных сегодня в высокогорье Алтая.

Для почвенного органического вещества (ОВ) на контакте с рябью течения получена AMS  $^{14}\text{C}$  дата  $25.74 \pm 1.56$  тыс. лет назад (калиброванная<sup>5</sup>, ИГАН<sub>AMS</sub>7821; Agatova et al., 2020a). Однако установленное нами переотложение палеоген-неогеновых органических отложений, послуживших материнским субстратом для почвы, не позволяет использовать эту дату для хронологических реконструкций, как и ранее полученную AMS  $^{14}\text{C}$  дату  $40.45 \pm 1.04$  тыс. лет назад (калиброванная, Beta 159972; Hergert, 2005). Значительный разброс дат для одного и того же горизонта подтверждает гетерохронный и гетерогенный характер ОВ. Присутствие пыльцы Lemna и Potamogeton четвертичного облика, а также большого количества спикул губок и водорослей (Botryococcus) среди непыльцевых палиноморф указывает на воздействие водной среды на переотложенный древний субстрат в плейстоцене.

Время формирования пролювия установлено OSL методом. Из слоя хорошо промытого песка в

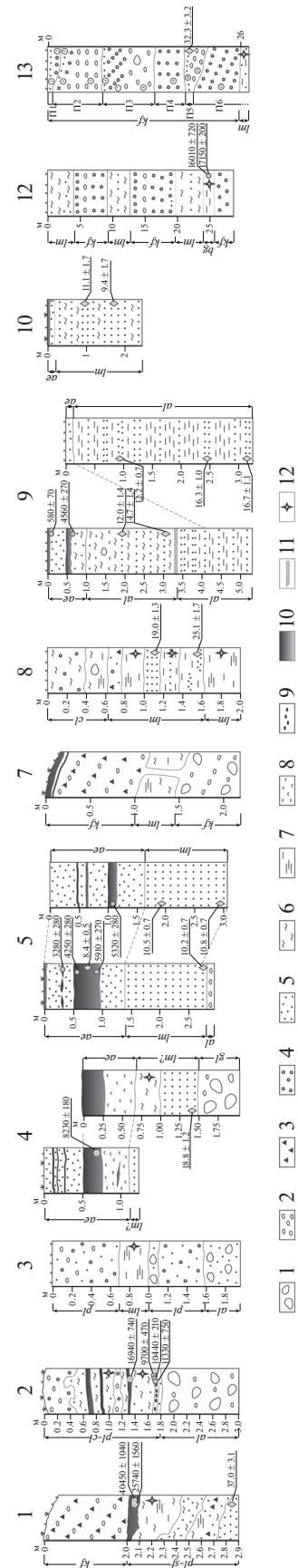
<sup>5</sup> Здесь и ниже приводятся  $^{14}\text{C}$  даты, калиброванные с доверительным интервалом 2 $\sigma$  в программе CALIB Rev 7.1 (<http://calib.qub.ac.uk/calib/>).

основании разреза получена OSL дата  $37.0 \pm 3.1$  тыс. лет (GdTL 3424), указывающая на существование и катастрофический спуск последнего ледниково-подпрудного озера в Чуйской впадине позднее 37 тыс. лет (Agatova et al., 2020a). Ранее OSL дата  $\sim 28$  тыс. лет была получена из суглинистого слоя в кровле пролювиальной толщи, однако отмечались низкие оптические свойства и низкая OSL чувствительность зерен кварца, что не позволило считать дату валидной (Herget, 2005).

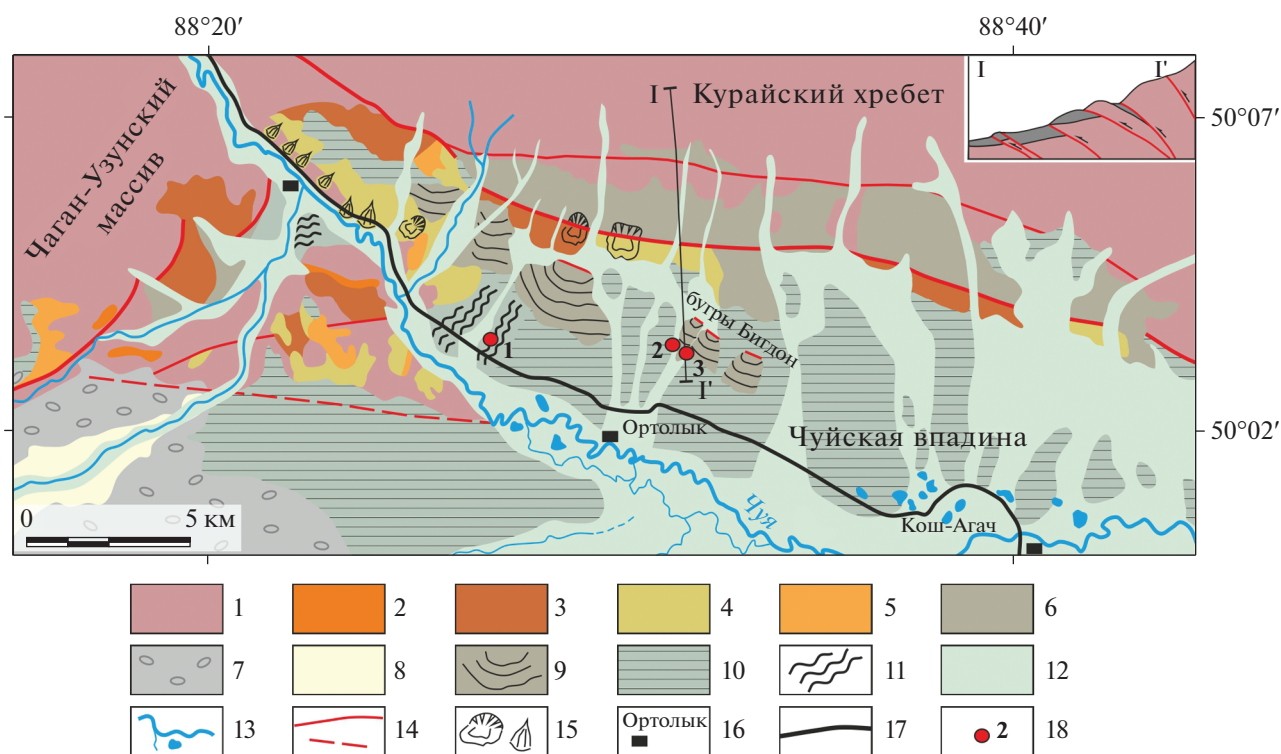
Таким образом, OSL дата  $37.0 \pm 3.1$  тыс. лет (GdTL 3424) является пока единственным достоверным нижним хронологическим репером последнего катастрофического спуска ледниково-подпрудного озера в Чуйской впадине. С ней согласуется  $^{14}\text{C}$  дата  $32190 \pm 260$  лет (UM993) ( $36.05 \pm 0.59$  тыс. лет назад (кал.)) органического включения в отложениях озерной террасы на высоте около 1900 м н.у.м. в юго-восточной части Чуйской впадины (Carling et al., 2002; Herget et al., 2020). В то же время валидность этой  $^{14}\text{C}$  даты требует подтверждения вследствие широко распространенного переотложения палеоген-неогенового ОВ в пределах Курайско-Чуйской системы впадин.

Долина р. Ямантерек (разрез 2,  $50^{\circ}03'30.4''$  с.ш.;  $88^{\circ}31'26.7''$  в.д.; 1890 м н.у.м.).

Для постдатирования спуска ледниково-подпрудного озера в Чуйской впадине ниже уровня 1890 м получены  $^{14}\text{C}$  даты древесных углей и включающего их субстрата в долине р. Ямантерек у подножия бугров Бигдон – форберга Курайского хребта (Agatova et al., 2020a) (рис. 1, 2). В левобережном береговом обрыве длиной 12 м и высотой 3 м вскрыты две толщи: 0–1.6 (1.8) м – пролювиальные и склоновые опесчаненные суглинки с субгоризонтальными прослоями дресвы и галек в



**Рис. 2.** Литологические колонки рассмотренных в статье разрезов и результаты датирования. 1 – валуны; 2 – гальки; 3 – дресва; 4 – гравий; 5 – песок; 6 – суглинок; 7 – глина; 8 – супесь; 9 – древесные угли; 10 – почвы (погребенные и современные); 11 – текстура размыва; 12 – отложения, для которых получены микропалеонтологические и/или палинологические характеристики. Типы отложений: *gl* – ледниковые, *lm* – озерные, *kf* – катафлювиальные (дилювий), *al* – аллювиальные, *pl* – пролювиальные, *pl-cl* – пролювиально-коллювиальные, *pl-sf* – пролювиально-солифлюкционные, *bg* – болотные, *ae* – субаэральные. Места отбора проб на датирование: круги –  $^{14}\text{C}$ , ромбы – OSL. Значения OSL возраста указаны в тыс. лет.  $^{14}\text{C}$  даты калиброваны с доверительным интервалом  $2\sigma$ . В разрезе 1  $^{14}\text{C}$  дата  $40450 \pm 1040$  (кал.) лет приведена по (Herget, 2005). Все остальные  $^{14}\text{C}$  и OSL даты приведены по (Agatova et al., 2016, 2019, 2020a, 2020b; Neron et al., 2020a) либо приводятся в данной статье впервые. В разрезе № 13 пачки (П1–П6), соответствующие шести катафлювиальным циклам, и номера слоев (1–12) приведены по (Зольников, Миструков, 2008).



**Рис. 3.** Положение разрезов 1–3 в Чуйской впадине, по (Agatova et al., 2020a) на основе Геологической карты СССР 1 : 200000 (серия Алтайская, лист М-45-ХVII).

1 – докайнозойские породы; 2–5 – палеоген-неогеновые отложения (свиты): 2 – карачумская, 3 – кошагацкая, 4 – туерьская, 5 – кызылгирская; 6–8 – четвертичные отложения: 6 – раннеплейстоценовые аллювиально-пролювиальные, 7 – позднеплейстоценовые ледниковые, 8 – позднеплейстоценовые озерные; 9 – форберги Курайского хребта, сложенные палеоген-неогеновыми озерными и плейстоценовыми пролювиальными отложениями и террасированные водами плейстоценовых ледниково-подпрудных озер; 10 – плейстоценовые пролювиальные и среднеплейстоценовые (?) ледниковые отложения, террасированные водами позднеплейстоценовых ледниково-подпрудных озер; 11 – гравийные дюны (“рябь течения”), ассоциируемые с катастрофическим спуском ледниково-подпрудных озер; 12 – постозерные пролювиальные отложения, аллювиальные террасы и пойма р. Чуя; 13 – гидросеть; 14 – основные разломы; 15 – крупные обвалы и оползни; 16 – населенные пункты; 17 – федеральная трасса Р-256; 18 – положение и номера разрезов. Вставка иллюстрирует строение Курайского хребта по профилю I–I', по (Новиков, 2004). Серым цветом на вставке показаны нерасчлененные кайнозойские отложения. Переотложение палеоген-неогеновых отложений в условиях сильно расчлененного тектонического рельефа и размыва водами плейстоценовых ледниково-подпрудных озер привело к смешению органического вещества разного возраста и происхождения, в результате чего  $^{14}\text{C}$  даты почв в разрезах 1 и 2 не отражают их истинный возраст.

песчаном матриксе, горизонтами палеопочв в средней части толщи и линзами гумусированного песка с большим количеством древесных углей в ее подошве; 1.6 (1.8)–3.0 м – аллювиальный валунный галечник. Три  $^{14}\text{C}$  даты древесных углей и включающего их субстрата указывают на спуск ледниково-подпрудного озера ниже уровня 1890 м ранее 11–9 тыс. лет назад. Радиоуглеродный возраст залегающего выше по разрезу горизонта [В] погребенной голоценовой почвы –  $16.94 \pm 0.74$  тыс. лет назад (кал.) (IGAN 6249) – удревнен за счет переотложения третичных и плейстоценовых отложений, слагающих форберг. В подтверждение этого вывода уже после выхода статьи (Agatova et al., 2020a) в образцах из палеопочвы в долине р. Ямантерек Б.Л. Никитенко обнаружены переотложенные, значительно измененные (ожелезненные и корродированные) ра-

ковины остракод, в том числе вида *Suaprinotus* ex gr. *baturini*, характерного для кошагацкой и туерьской свит (олигоцен–плиоцен) Чуйской и Курайской впадин (Тетерина, 2005, 2016). Найденная совместно с ними раковина плейстоценового вида *Limnocythere* cf. *inopinata* (MIS-13–современность), вероятнее всего, также переотлагалась. Раковина имеет сглаженную скульптуру и неровный, местами со сглаженными ущербинами, периферический край.

Вид *Limnocythere inopinata* – эвригалитный и эвритермный, часто обитает в приустьевых частях озер или на участках рек с течением. Он предпочитает небольшие глубины (первые метры), но встречается и на глубинах до 50–60 м, например, распространен в современной литорали Байкала и Хубсугула (Побережная, 2013). Находка единичной створки этого вида в осадках, переотложен-

ных в долину р. Ямантерек, не позволяет делать выводы об экологии плейстоценового водоема в Чуйской впадине, в отличие от комплекса остракод в долине р. Бекен.

Долина р. Бекен (разрез 3 (рис. 2), 50°03'20" с.ш.; 88°31'49" в.д.; 1895 м н.у.м.).

Озерно-дельтовые отложения, которые мы связываем с одним из длительно существовавших уровней ледниково-подпрудного озера ~1890 м н.у.м., залегают в долине р. Бекен у подножия бугров Бигдон на высоте 1895 м н.у.м. В слое зеленовато-серых суглинков, по всей видимости, испытывавших локальное переотложение, Л.Б. Хазиным по нашим образцам 2016 г. была идентифицирована ассоциация плейстоценовых холодолюбивых пресноводных видов остракод, аналогичная установленной в озерных отложениях Курайской впадины (Хазин и др., 2019; Agatova et al., 2020b). На переотложение указывает некоторая подавленность многочисленных раковин, однако присутствие хрупких личиночных форм свидетельствует о том, что переотложение не было далеким.

Долина р. Чуя в устье р. Куектанар.

В долине р. Чуя между Чуйской и Курайской впадинами в устье р. Куектанар неоднократно возникали условия для подпруживания стока р. Чуя: выдвигание Куектанарского ледника и сход гигантского сейсмообвала с противоположного, левого, склона долины р. Чуя, формирование конечно-моренного комплекса после дегляциации. Время существования и размеры подпрудных озер до сих пор являются дискуссионными вопросами.

Разрез 4 (50°09'36.2" с.ш.; 88°17'45.3" в.д.; 1730 м н.у.м.) расположен ниже устья р. Куектанар в бровке 14-метровой правобережной террасы во внутренней части Куектанарского моренного комплекса. Выше морены (взвешенные в песчано-алевритовом матрикс обломки разных размеров и окатанности — от галек до глыб) в эрозионном логу вскрыты (сверху вниз): пески мелкозернистые, неслоистые, с четырьмя палеопочвами, нижняя из которых наиболее мощная; супесь пылеватая, с линзовидно-расслоенной пятой палеопочвой (субаэральная толща, мощность 1 м); переслаивание песка серого и бурого мелкозернистого; суглинок белесый, бескарбонатный, с единичными четвертичными палиноморфами (*Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Betula*, *Roaseae*, *Syrageae*) и переотложенной неогеновой пылью (*Tsuga*, *Alnus*, *Betulaceae*); пески мелкозернистые горизонтально-слоистые и крупнозернистые волнисто-слоистые (озерная (?) толща, 0.85 м). <sup>14</sup>C возраст наиболее мощной палеопочвы — 8.23 ± 0.18 тыс. лет (кал.) (Agatova et al., 2016), OSL возраст песков на контакте с мореной 18.8 ± 1.2 тыс. лет (Agatova и др., 2021) (рис. 2).

Разрез 5 (50°08'31.9" с.ш.; 88°19'01.1" в.д.; 1726 м н.у.м.) расположен на правом обрывистом (5–6 м)

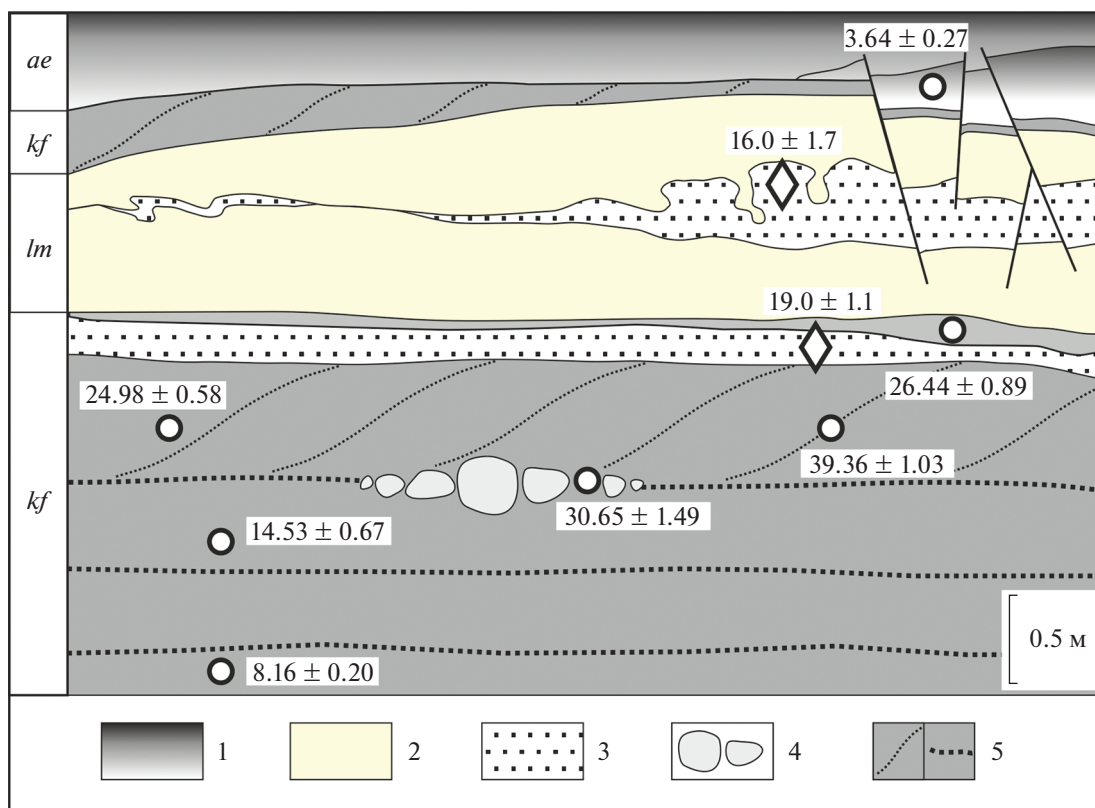
берегу р. Чуя выше устья р. Куектанар, в зоне распространения перевеянных с поверхности озерных песков. На плотно упакованном галечном валуннике — перемытой морене Куектанарского ледника — залегают (сверху вниз): пески мелкозернистые, с тремя горизонтами палеопочв, нижний из которых наиболее мощный (субаэральная толща, 1.4 м); пески средне- и мелкозернистые, горизонтально-слоистые (озерная толща, 1.4 м). Нижняя палеопочва формировалась в период около 6–4.3 тыс. лет назад (Агатова, Непоп, 2017), пески на контакте с аллювием — около 10 тыс. лет назад (Агатова и др., 2021). В 350 м на продолжении этой дюны вскрыт аналогичный разрез (рис. 2), для озерных песков которого также получены две OSL даты ~10 тыс. лет (Агатова и др., 2021). По данным (Деев и др., 2021), для подошвы озерной толщи в этой же части долины р. Чуя получены OSL даты ~16–15 тыс. лет.

Таким образом, озерная седиментация в устье р. Куектанар могла начаться уже ~19–18 тыс. лет назад. Формирование морен, а тем более самого Куектанарского ледника произошло ранее этого рубежа. С возможным перерывом около 16 тыс. лет назад озерная седиментация продолжалась в начале голоцена (около 10 тыс. лет назад) и закончилась не позднее 8.2 тыс. лет назад (<sup>14</sup>C возраст палеопочвы в разрезе 4). Это подтверждает и полученная нами OSL дата 8.35 ± 0.52 тыс. лет (GdTL-3754) для песчаных зерен кварца в нижней погребенной почве в разрезе 5 (рис. 2). Длительное формирование гумусового горизонта этой почвы происходило позднее, ~6–4.3 тыс. лет назад.

Вопрос о связи отложений возрастом ~19–18 тыс. лет в устье р. Куектанар с возможным существованием обвально-моренно-подпрудного озера в Чуйской впадине или с ледниково-подпрудным озером, заполнявшим в это время Курайскую впадину (Агатова и др., 2019; Agatova et al., 2020b), пока открыт. В южной части Курайской впадины OSL дата 18.2 ± 1.1 тыс. лет характеризует озерную террасу на отметке 1650 м (Panin et al., 2015c). В восточной части впадины в устьях рек Тыдтугем и Арыджан береговые озерные линии прослеживаются до высоты 1700–1750 м, поэтому простираение Курайского озера в долину р. Чуя до устья р. Куектанар с отметками 1725–1735 м н.у.м. около 19–18 тыс. лет назад вполне вероятно. В то же время очевидно, что уже к 8.2 тыс. лет назад обвально-моренная дамба в устье р. Куектанар больше не подпруживала озера выше по долине р. Чуя и тем более в Чуйской впадине (Agatova et al., 2016).

Курайский перевал (разрез 6, 50°09'10" с.ш.; 87°58'50" в.д.; 1570 м н.у.м.).

Существование, вероятно неоднократное, крупных ледниково-подпрудных озер в МИС-2 в Курайской впадине установлено OSL датирова-



**Рис. 4.** Разрез 6 отложений аккумулятивно-абразионной озерной террасы (1750 м н.у.м.) в Курайской впадине и результаты их датирования по (Agatova et al., 2020b).

1 – суглинки щебнистые с погребенной почвой; 2 – суглинки опесчаненные с плитчато-блоковой текстурой, с редкими валунами и гальками зеленых сланцев и гранитов, содержат рыбу чешую и остракоды; 3 – пески средне- и мелкозернистые; 4 – линзы валунов, галек, фрагментов коры выветривания; 5 – песчано-гравийно-щебнистые отложения с градационной косой и горизонтальной слоистостью, включают обломки палеоген-неогеновых глин и углей. Генетическая интерпретация отложений: dl – дилювиальные (катафлювиальные), lm – озерные, ae – субэаральные (пролювиально-делювиально-элювиальные). Места отбора образцов на датирование: ромб – OSL, круг –  $^{14}\text{C}$ . Значения возраста указаны в тыс. лет.

нием отложений аккумулятивной озерной террасы на высоте 1650 м у подножия Северо-Чуйского хребта (Panin et al., 2015c), а также дилювиальных и перекрывающих их озерных отложений на высоте 1570 м на скальном форберге у подножия Курайского хребта в разрезе 6 (Агатова и др., 2019; Agatova et al., 2020b) (рис. 4). Даже при уровне на отметке 1650 м н.у.м., не являвшемся максимальным, озеро имело глубину около 170 м в центре Курайской впадины и 200 м в районе ледниковой дамбы в устье р. Маашея.

Геоморфологическое положение разреза 6 опровергает возможность его постозерного формирования в результате речного стока со склона хребта либо вдоль него: отложения террасированы озером и залегают на водоразделе форберга на обращенном к впадине склоне высоко над днищами огибающих его долин и самой впадины. Отложения в данной геоморфологической позиции могли накапливаться исключительно в субаквальных прибрежных условиях – во время существования и спуска глубоких озер.

Дилювиальные отложения в нижней части разреза представлены гравийниками, гравийно-галечниками, дресвяниками, слоями песков крупно- и среднезернистых, общей мощностью до 3–5 м. Нижняя часть толщи горизонтально-слоистая, верхняя – преимущественно косослоистая с линзами валунов и глыб в подошве. Толща содержит выветрелые обломки и фрагменты коры выветривания, большое количество включений углефицированного органического материала. Падение косой градационной слоистости указывает на сток воды в западном направлении, к устью впадины. Численное моделирование показало, что в случае одномоментного разрушения ледяной дамбы скорость возникшего при осушении котловины потока была достаточной для перемещения обломков вдоль подводной части склонов и формирования косой слоистости в кровле дилювия (Agatova et al., 2020b). Множественное радиоуглеродное датирование органических включений продемонстрировало большой разброс (8–39 тыс. лет назад (кал.)) и инвер-

сию дат по разрезу (рис. 4), что не позволило опираться на них в возрастных оценках дилювия, особенно принимая во внимание свидетельства переотложения палеоген-неогенового органического материала (Agatova et al., 2020b). OSL дата  $19.0 \pm 1.1$  тыс. лет (GdTL-2590) кровли дилювия свидетельствует о существовании и катастрофическом спуске ледниково-подпрудного озера в Курайской впадине в МИС-2.

На дилювии с несогласием залегают два горизонта опесчаненных суглинков общей мощностью до 50–80 см, с плитчато-блоковой либо массивной текстурой. Тонкая горизонтальная слоистость отмечена фрагментарно, преимущественно в подошве горизонтов. Суглинки включают редкие “взвешенные” валуны гранитов и гальки из размытой озером морены, тонким рваным чехлом перекрывающей форберг. Горизонты разделены косослоистым дресвяно-песчаным прослоем невыдержанной по простиранию мощности (от 1–2 до 20–25 см), часто волнистым, с OSL возрастом  $16.0 \pm 1.7$  тыс. лет (GdTL-2591). Подошва суглинков резкая, субгоризонтальная, кровля на контакте с косослоистым галечником – размытая, субгоризонтальная либо волнистая. Суглинки содержат рыбу чешую и многочисленные раковины позднеплейстоценовых глубоководных пресноводных остракод *Leucocythere* sp. 1 и *Leucocythere* sp. 2, *Leucocythere dorsotuberosa* Huang, *Leucocytherella sinensis* Huang (Хазин и др., 2019; Agatova et al., 2020b), представленных и половыми диморфами, и личиночными формами.

На основании этих находок мы полагаем суглинки озерными. Раковины и створки остракод из этого разреза, в том числе наиболее хрупких личиночных форм, не несут следов механического воздействия (сохраняют скульптуру и острые края) и залегают *in situ*. Большое количество и отличная сохранность раковин остракод, а также рыба чешуя противоречат отнесению включающих их суглинков к суспензитам (одной из фаций катастрофических потоков), переотложенным склоновым образованиям либо субаквальной озерной морене. Находки раковин в суспензитах до сих пор не известны в силу разрушительного действия насыщенного обломками водного потока. Аккумуляция отложений с плейстоценовыми глубоководными остракодами на склоне форберга, сложенного выветрелыми среднедевонскими вулканогенными породами, возможна лишь в озерных, а не в субаэральных условиях. Сам форберг отделен от Курайского хребта понижением, что исключает переотложение на форберг субстрата со склона хребта. Процесс переотложения ни в рельефе террасы, ни в текстуре осадка не проявлен. Древние (досартанские) моренные отложения на поверхности форберга террасированы озером, т.е. морена была литифицирована задолго до его появления – она размывалась, а не

формировалась во время существования озера. Находки переотложенных остракод плохой сохранности в суглинках рассматриваемого разреза (Хазин и др., 2019; Agatova et al., 2020b) – также следствие размыва водами ледниково-подпрудного озера третичных отложений, выходящих на поверхность выше по склону.

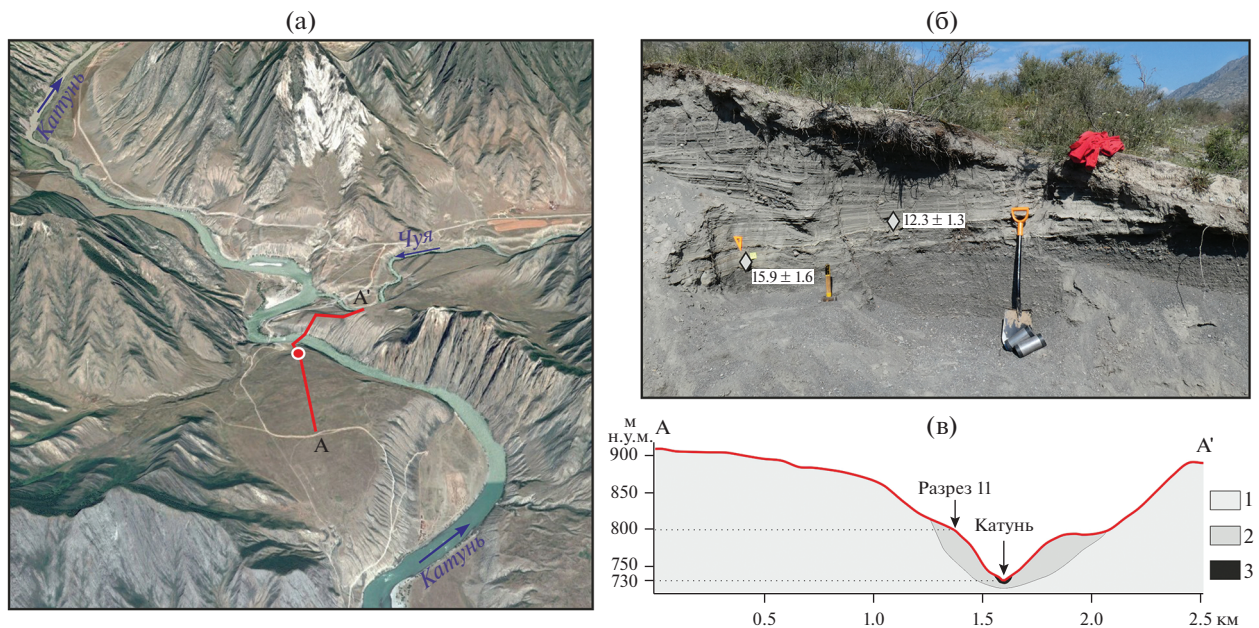
Плитчато-блоковая текстура и фрагментарная сохранность слоистости осадка в кровле озерной террасы могут быть следствием резких колебаний уровня и быстрого осушения озера, последующих неоднократных промерзаний/оттаиваний и почвообразования. Подобные суглинки зафиксированы в северо-западной части Курайской впадины на протяжении 7 км в нескольких обнажениях в интервале высот 1650–1525 м н.у.м. (рис. 1, разрез 6–8), в каждом из которых суглинки содержат озерные остракоды, в двух – рыбу чешую (Agatova et al., 2020b). Эти отложения, даже испытав деформации в ходе спуска озера, не перестают указывать на озерные условия своего формирования. Таким образом, разрез на Курайском перевале, охарактеризованный палеонтологически, минералогически и геохронологически, свидетельствует о заполнении Курайской впадины водами ледниково-подпрудного озера в конце позднего плейстоцена (МИС-2 по шкале SPECMAP, четвертая ступень верхнего неоплейстоцена российской стратиграфической шкалы) и ее осушении ~19–16 тыс. лет назад (Agatova et al., 2020b).

**Карьер у поселка Курай** (разрез 8,  $50^{\circ}14'07''$  с.ш.;  $87^{\circ}56'40''$  в.д.; 1525 м н.у.м.).

Отложения, слагающие наиболее низкую (1525 м н.у.м.) аккумулятивно-абразионную террасу, вскрыты карьером у подножия форберга Курайского хребта в центральной части впадины (сверху вниз): суглинок опесчаненный гумусированный и суглинок карбонатный (современный почвенный профиль, 0.6 м); переслаивание суглинков буро-серых (белесых в сухом состоянии), аналогичных вскрытым в разрезе 6, и песков серых, среднезернистых, горизонтально-, косо- и линзовидно-слоистых (прибрежная озерная фация, 1 м); глины серо-зеленоватые, с пятнами и линзами ожелезнения (озерные отложения, видимая мощность 0.4 м). Суглинки двух нижних толщ содержат остракодовую фауну, водные непальцевые палиноморфы, средняя толща – рыбу чешую. OSL даты песчаных слоев  $25.1 \pm 1.7$  тыс. лет (GdTL-3487) и  $19.0 \pm 1.3$  тыс. лет (GdTL-3486) (рис. 2) подтверждают заполнение всей Курайской впадины ледниково-подпрудным озером в МИС-2.

**Баратальский участок** (разрез 9,  $50^{\circ}15'05''$  с.ш.;  $87^{\circ}41'37''$  в.д.; 1468 м н.у.м.; разрез 10,  $50^{\circ}14'00''$  с.ш.;  $87^{\circ}42'29''$  в.д.; 1480 м н.у.м.).

На Баратальском участке в устье Курайской впадины в разрезе 9 отражено аллювиальное осадконакопление, сменившее ледниково-озерное не



**Рис. 5.** Разрез 11 на Усть-Чуйском участке долины р. Катунь.

(а) – положение разреза (красный круг) в бровке средней (70 м) террасы, сложенной сальджарской толщей, и линия профиля, (б) – разрез и результаты его OSL датирования (в тыс. лет), (в) – поперечный профиль: 1 – высокие террасы, сложенные ининской толщей; 2 – средние террасы, сложенные сальджарской толщей; 3 – современный аллювий.

позднее 16 тыс. лет назад (Агатова и др., 2021) (рис. 2). Аллювий представляет собой толщу ритмично переслаивающихся глин и песков, толщина слоев глин уменьшается от 30–40 до 1–2 см к верхней части разреза, где они несут следы расстрескивания в субаэральных условиях.

Отложения Баратальского озера сохраняются в виде песчаных террас вдоль склонов долины р. Чуя (разрез 10) и вокруг скальных останцов в западной части впадины (Neror et al., 2020a). Уровень озера, скорее всего, не превышал 1480–1490 м н.у.м.; вероятно, он контролировался размытой фронтальной мореной Маашейского ледника на днище старой долины р. Чуя и его же мореной либо обвалом в новой долине р. Чуя. Возможно, первоначально сток из озера шел в старую долину (сохранился врез во фронтальной части морены), однако разрушение дамбы в новой долине привело к спуску озера и окончательному оформлению стока р. Чуя. Подчеркнем, что моренно-подпрудное озеро в районе устья р. Баратал было локальным и кратковременным, поэтому применять название “Баратальское” к ледниково-подпрудным озерам, заполнявшим всю Курайскую впадину в МИС-2, некорректно. В разрезах устьевой части впадины необходимо разделять осадки крупных сартанских водоемов, занимавших Курайскую впадину целиком, и локального Баратальского озера, существовавшего на рубеже плейстоцена и голоцена лишь в устье впадины.

*Долина р. Катунь выше устья р. Чуя (разрез 11, 50° 26' 46.1" с.ш.; 86° 54' 18.9" в.д.; 820 м н.у.м.)*

Катастрофические гляциальные сели, сходившие по р. Чуя, в месте ее впадения в р. Катунь проникали и в долину последней (Бутвиловский, 1993; Vohorquez et al., 2019), сформировав высокие и средние террасы на протяжении более 15 км. Средние террасы рек Чуя и Катунь в месте их слияния, согласно (Зольников, Мистрюков, 2008, рис. 24), сложены сальджарской толщей. В бровке средней террасы р. Катунь выше места слияния в 70 м над урезом реки из линзы видимой мощностью около 1.5 м песков средне- и мелкозернистых, с прослоями дресвы и гравия, залегающей на параллельно-слоистом дресвянике, получены OSL даты 15.9 ± 1.6 тыс. лет (GdTL-3898) и 12.3 ± 1.3 тыс. лет (GdTL-3897) (рис. 5). OSL дата ~12 тыс. лет для этих отложений получена и в Университете Инсбрука, Австрия (доклад Ю. Хергета на конгрессе INQUA в 2019 г. в Дублине, Ирландия). Ю. Хергет полагает датированные отложения катафлювиальными. Мы склоняемся к их интерпретации как части комплексной сальджарской толщи, состоящей из отложений крупных паводков и “обычных” озерно-аллювиальных отложений, либо постсальджарского аллювия. В любом случае, эти даты показывают, что врезание р. Катунь на 60–70 м в сальджарскую толщу в районе устья р. Чуя началось значительно позднее 90 тыс. лет назад.

*Долина р. Иня (разрез 12, 50°26'46.1" с.ш.; 86°54'18.9" в.д.; 820 м н.у.м.)*

С OSL датой  $16.0 \pm 1.7$  тыс. лет (GdTL-2591) отложений последнего ледниково-подпрудного озера в Курайской впадине хорошо коррелируют полученные нами две  $^{14}\text{C}$  даты в основании дилювиальной толщи в долине р. Иня. Устье долины этого правого притока р. Катунь перегорожено высоким баром, сформировавшимся при прохождении наиболее мощных гляциальных паводков по магистральной долине р. Катунь. Такое подпруживание создало условия для неоднократного формирования вторично-подпрудных озер в долине притока. В овраге на левом берегу р. Иня в 3.3 км от ее устья расположен разрез, считающийся ключевым для понимания количества и возраста катастрофических паводков, которые проходили по долинам рек Чуя и Катунь: три пачки отложений вторично-подпрудных озер (алевриты с прослоями песка и дресвы) разделены толщами дилювия (параллельно-слоистые дресвяники с редкими галечными слоями, переслаивание алевритов, дресвяно-галечников) (рис. 2). Разрез описан практически всеми исследователями четвертичной истории Алтая, наиболее детально – в монографии (Зольников, Мистрюков, 2008).

Данный разрез служил стратотипом озерных и ледниковых отложений эпох деградации нескольких ранне- и среднечетвертичных оледенений в существующей региональной стратиграфической схеме (Решения..., 1983; Борисов, Чернышева, 1987), но в настоящее время предложен в качестве парастратотипа дилювиальной сальджарской толщи, возраст которой принимается как МИС-4 (Зольников, Мистрюков, 2008) либо даже древнее (Зольников и др., 2016; Зольников, Деев, 2021; Deev et al., 2019) и сопоставляется с первым позднеплейстоценовым оледенением.

Для пачек озерных отложений получены TL (Борисов, Чернышева, 1987),  $^{14}\text{C}$  (Барышников, 1992), IRSL (Carling et al., 2002), OSL (Panin et al., 2015a) даты. За исключением TL дат “старого поколения” со значениями 90–100 тыс. лет, все остальные даты локализованы в интервале 27–15 тыс. лет (табл. 1).

П. Карлинг (Carling et al., 2002) и Ю. Хергет (Herget, 2005) считают, что нижняя пачка озерных алевритов в долине р. Иня начала накапливаться одновременно с формированием гигантского бара в магистральной долине р. Катунь уже в ходе первого паводка, средняя и верхняя пачки – при последующих паводках, перехлестывавших через бар либо проходивших через эрозионную прорезь в нем (рис. 6). Эти исследователи опираются на некалиброванные  $^{14}\text{C}$  даты карбонатных конкреций верхней и средней озерных пачек (Барышников, 1992), а также IRSL дату средней пачки (Carling et al., 2002) и считают, что формирование

этих отложений произошло в МИС-2. В работе (Herget et al., 2020) авторы оперируют уже калиброванными  $^{14}\text{C}$  датами. И.Д. Зольников (Зольников, 2008, 2011; Зольников, Мистрюков, 2008) полагает, что комплекс высоких террас р. Катунь, заблокировавших долину притока, сложен ининской толщей (МИС-6), аккумулятивные террасы в долине р. Иня – сальджарской толщей (МИС-4), т.е. он разделяет время их формирования значительным временным интервалом (рис. 6). И.Д. Зольников, напротив, интерпретирует карбонатные конкреции в озерных пачках как постседиментационные образования, а их некалиброванные  $^{14}\text{C}$  даты как время осушения последнего вторично-подпрудного озера около 22–23 тыс. лет назад, что, по его мнению, исключает позднеюрмский (МИС-2) возраст последнего гигантского гляциального паводка. Делая такой вывод, Зольников и в этих, и в последующих своих работах не учитывает хронологические данные из публикаций (Carling et al., 2002; Herget, 2005), в данном случае – IRSL дату  $22.4 \pm 2.3$  тыс. лет, которая характеризует непосредственно время накопления средней озерной пачки, и это время – МИС-2. Полученные позднее три OSL даты – по одной для каждой из озерных пачек – в интервале 24–15 тыс. лет (Panin et al., 2015a) подтвердили это определение (табл. 1). Более древние по сравнению с OSL датами значения калиброванных радиоуглеродных возрастов для средней и верхней пачек А.В. Панин с коллегами объясняют возможным загрязнением озерного осадка древним углеродом, поступившим из палеозойских карбонатных пород.

Нами в 2018 г. в подошве нижней озерной пачки рассматриваемого ключевого разреза под осыпным чехлом был вскрыт слой темно-коричневой жирной (“шоколадной”) гумусированной глины видимой мощностью более 20 см, с биоостатками (рис. 2). Этот слой отделяет нижнюю озерную пачку от подстилающей, возможно уже переотложенной со склона долины, дилювиальной толщи, сложенной преимущественно дресвяником. Определение биоостатков (О.Н. Успенская, ВНИИО РАСХН) показало, что слой глины накапливался в условиях травянистого болота: среди остатков высших растений 70% составляют травянистые, 15% – дербенник (*Lythrum salicaria*), по 5% – зеленые мхи *Aulacomnium* и *Drepanocladus* и осока (*Carex*). AMS  $^{14}\text{C}$  дата выделенного растительного комплекса и LSC  $^{14}\text{C}$  дата включающего его субстрата (табл. 1) свидетельствуют о длительном формировании травянистого болота на поверхности нижней дилювиальной толщи около 16–17 тыс. лет назад (кал.).

Учитывая тип датируемого материала, полученные радиоуглеродные даты являются наиболее точными и достоверными из имеющихся численных определений возраста отложений долины

**Таблица 1.** Результаты датирования отложений опорного разреза в долине р. Инья по данным разных авторов

Отложения	Борисов, Чернышева, 1987	Барышников, 1992	Carling et al., 2002	Panin et al., 2015a	Данная работа
Верхний лимний	TL 90 ± 25 тыс. лет	LSC <sup>14</sup> C <b>КК</b> 26.60 ± 0.72 тыс. лет (кал.) (22280 ± 370) СОАН-2240		OSL 15.4 ± 0.7 тыс. лет	
Средний лимний	TL 109 ± 30 тыс. лет	LSC <sup>14</sup> C <b>КК</b> 27.50 ± 0.80 тыс. лет (кал.) (23350 ± 400) СОАН-2239	IRSL 22.4 ± 2.3 тыс. лет	OSL 21.1 ± 1.2 тыс. лет	
Нижний лимний				OSL 24.0 ± 1.6 тыс. лет	
“Шоколадная” глина					LSC <sup>14</sup> C <b>ГК</b> 16.01 ± 0.72 тыс. лет (кал.) (13340 ± 240) СОАН-9688 AMS <sup>14</sup> C <b>РО</b> 17.16 ± 0.20 тыс. лет (кал.) (14090 ± 350) ИГАН <sub>AMS</sub> 7231

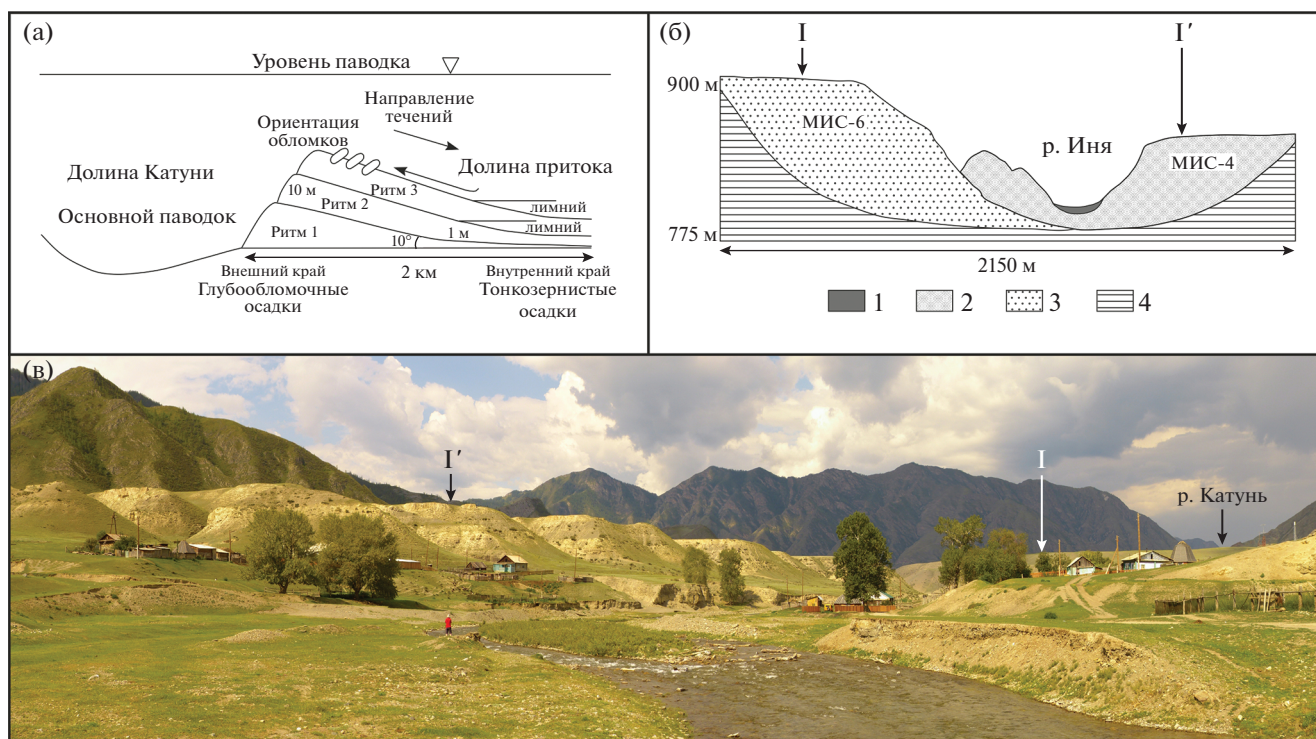
Примечание. Методы датирования: TL – термолюминесцентный; OSL – оптически стимулированной люминесценции; IRSL – метод инфракрасной стимуляции люминесценции; LSC <sup>14</sup>C – радиоуглеродный анализ с использованием жидкостной сцинтилляции, AMS <sup>14</sup>C – радиоуглеродный анализ с использованием ускорительной масс-спектрометрии. Датированный радиоуглеродным методом органический материал: **КК** – карбонатные конкреции; **ГК** – гуминовые кислоты; **РО** – растительные остатки. Радиоуглеродные даты калиброваны с доверительным интервалом 2σ в программе CALIB Rev 7.1 (<http://calib.qub.ac.uk/calib/>). Некалиброванные <sup>14</sup>C даты приведены в скобках.

р. Инья. Они указывают на более позднее начало формирования дилювиально-озерных циклитов в долине притока р. Катунь, чем это считалось до сих пор. В настоящее время, опираясь на полученные нами новые данные, в пределах точности методов датирования можно говорить о синхронности существования/спуска последних ледниково-подпрудных озер в Курайской впадине и начала накопления вторично-озерных пачек в долине р. Инья. По всей видимости, именно быстрое осушение Курайского палеоозера около 19–16 тыс. лет назад могло стать причиной прохождения последних катастрофических паводков по долине р. Катунь и подпруживания долины р. Инья.

Является ли синхронным формирование отложений в долине р. Инья и гигантского Ининского бара в устье этой долины, как полагают (Carling et al., 2002; Herget, 2005)? Сопоставление OSL дат отложений этого бара 125.3 ± 8.4, 100 ± 13 тыс. лет и наиболее древней из OSL дат его субэдрального покрова 30.5 ± 2.4 тыс. лет (Panin et al., 2015a) с

полученными нами <sup>14</sup>C датами в основании дилювиально-озерных циклитов р. Инья показывает, что к началу накопления вторично-подпрудных озер Ининский бар (а значит, и слагающая его ининская толща) был уже давно сформирован.

Связано ли накопление отложений в долине р. Инья с аккумуляцией сальджарской толщи в долинах рек Чуя и Катунь, как это считает И.Д. Зольников (Зольников, 2008, 2011; Зольников, Мистрюков, 2008)? Очевидно, что в случае прямой корреляции отложений в долине р. Инья и сальджарской толщи в магистральных долинах говорить о формировании последней в МИС-4 и тем более МИС-5 просто не приходится, поскольку разрез, предложенный И.Д. Зольниковым в качестве парастратотипа сальджарской толщи, начал формироваться лишь около 17–16 тыс. лет назад. Таким образом, если принять отложения в долине р. Инья одновозрастными с отложениями сальджарской толщи в долинах рек Чуя и Катунь, то следует признать молодой (МИС-2) возраст послед-



**Рис. 6.** Дилювиально-озерные отложения долины р. Инья и их соотношение с Ининским баром в долине р. Катунь. (а) – строение и механизм формирования дилювиально-озерных циклитов в долинах притоков р. Катунь по (Carling et al., 2002); (б) – разрез отложений долины р. Инья и их возраст по (Зольников, Мистрюков, 2008): 1 – аллювий поймы и низкой террасы, 2 – отложения сальджарской толщи, 3 – отложения ининской толщи, 4 – выходы коренных пород; (в) – террасы р. Инья, сложенные озерно-дилювиальными циклитами, вид вниз по долине. I – Ининский бар в долине р. Катунь, I' – терраса в долине р. Инья.

ней. В противном случае, если считать возраст сальджарской толщи древнее МИС-2, то разрез в долине р. Инья не является ее парастратотипом.

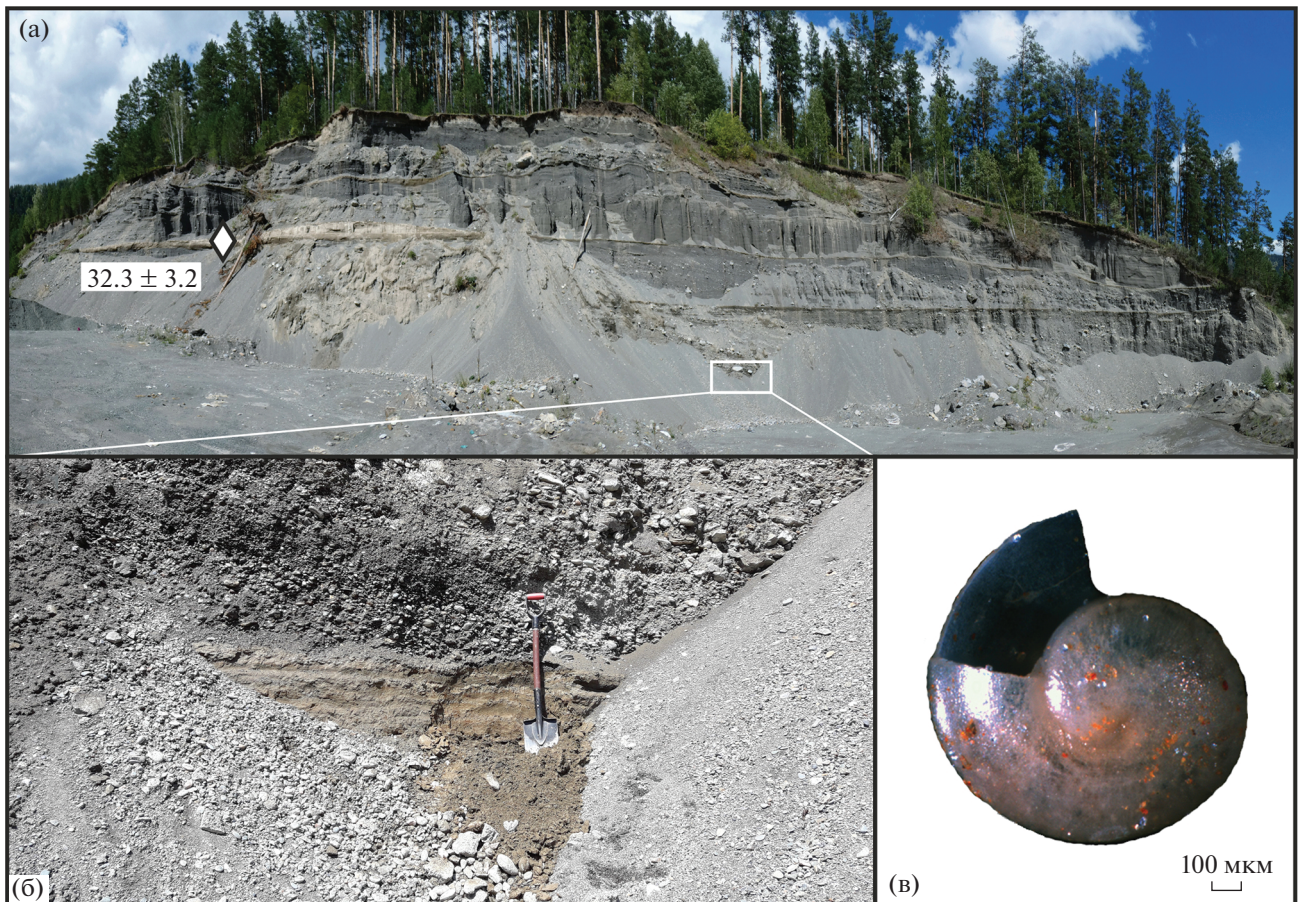
Нельзя исключить и следующий сценарий: дилювиально-озерные циклиты долины р. Инья могут быть синхронны тем паводкам в магистральных долинах рек Чуя и Катунь, которые привели преимущественно к вырезанию в ранее накопленной сальджарской толще эрозионных площадок и уступов и формированию таких характерных черт ее поверхности, как “сады камней” и рябь течения. Так, именно с этапом катастрофического спуска последних менее глубоких, но все еще достаточно крупных ледниково-подпрудных озер около 19–16 тыс. лет назад мы связываем формирование верхней из генераций ряби течения на днище Курайской впадины; математическое моделирование подтверждает возможность такого сценария (Agatova et al., 2020b). Возможно, эрозионной работой паводков этого времени вызвано и различие высот площадок террас р. Инья и средних террас р. Катунь; последние почти на 50 м ниже.

Еще один вывод следует из полученных нами данных для долины р. Инья: между аккумуляцией нижней толщи дилювия со следами оползания и

нижней озерной пачки был продолжительный перерыв, достаточный как минимум для накопления слоя “шоколадной” глины. До того как первое из серии озер заполнило долину р. Инья, на ее днище длительное время существовало, возможно локально, травянистое болото. В рассматриваемом разрезе (3.3 км от устья р. Инья) последующая аккумуляция дилювия происходила только после заполнения долины р. Инья первым из озер, т.е. позднее 16–17 тыс. лет назад.

*Долина р. Сема (разрез 13, 51°37'49.7" с.ш.; 85°44'21.5" в.д.; 385 м н.у.м.)*

Сальджарская толща исследована нами еще в одном разрезе в среднем течении р. Катунь. Основание сложно построенной преимущественно крупнообломочной толщи, слагающей 60-метровую террасу в устье долины р. Сема, левого притока р. Катунь, вскрыто в карьере высотой около 26 м и протяженностью более 250 м (рис. 7). Разрез детально описан И.Д. Зольниковым (Зольников, Мистрюков, 2008). Как подчеркивают авторы, долина р. Сема благодаря широкому устью не подпруживалась паводковыми отложениями, и вместо отложений вторично-подпрудных озер здесь



**Рис. 7.** Катафлювиальные отложения в устье р. Сема.

(а) — общий вид разреза № 13 в 2020 г., ромбом показано место отбора образца для OSL датирования (значение возраста указано в тыс. лет); (б) — слой переслаивающихся озерных глин и песков в основании видимой части разреза (длина лопаты 0.7 м), фотография 2019 г.; (в) — одна из многочисленных раковин *Gastropoda* sp., обнаруженных в этом слое наряду с остатками харовых водорослей и трубками червей-пескожилов. Определение Б.Л. Никитенко.

накапливались собственно катафлювиальные (дилювиальные) отложения, переносимые по магистральной долине р. Катунь. В обнажении выделено шесть катафлювиальных седиментационных циклов (рис. 2). Первый цикл, преимущественно скрытый под днищем карьера, представлен слоем серого параллельно-наклонно-слоистого дресвяногалечника видимой мощностью до 1.5 м (слой 12 разреза Майминский № 2 по (Зольников, Мистрюков, 2008)), который, по представлениям авторов, завершает катафлювиальную пачку.

В 2019 и 2021 гг. в основании слоя 12 нами был опробован частично скрытый под осыпями слой (линза?) мощностью 35 см — тонкое горизонтальное переслаивание глин светло-серых и песков темно-бурых мелкозернистых (рис. 2). В осадках обнаружены остатки харовых водорослей, трубки червей-пескожилов и многочисленные раковины гастропод (рис. 7). Сохранившиеся раковины, несмотря на тонкостенность, даже не были заполнены осадком. Очевидно, что отложения с такими палеонтологическими остатками не осаждались из ка-

тастрофического потока, а накапливались в устье долины р. Сема *in situ* в относительно крупном по площади, но мелком (не более 1.5–2 м) прогреваемом и долгоживущем водоеме со слабой гидродинамикой. Тонкостенность раковин могла быть связана с недостатком кальция в пресном водоеме.

Для крупной (~100 м длиной, до 2 м толщиной) линзы песка среднезернистого (слой 10 в паводковом циклите № 5 по (Зольников, Мистрюков, 2008)), залегающей в основании разреза выше палеонтологически охарактеризованного слоя, нами получена OSL дата  $32.3 \pm 3.2$  тыс. лет (GdTL-3899) (рис. 2, 7). Учитывая возможность неполной засветки зерен кварца, дата может быть лишь моложе. Она хорошо согласуется с “доозерной” OSL датой  $37.0 \pm 3.1$  тыс. лет (Agatova et al., 2020a) и  $^{14}\text{C}$  датой озерных отложений  $36.05 \pm 0.59$  тыс. лет (кал.) (Carling et al., 2002) в Чуйской впадине и фактически совпадает с  $^{14}\text{C}$  датой  $32.8 \pm 1.8$  тыс. лет (кал.) (COAH-2301) костей мамонта в дилувии Майминского вала в долине р. Катунь (Барышников, 1992).

Таким образом, в разрезе сальджарской толщи в устье р. Сема (разрез Майминский № 2 по (Зольников, Мистрюков, 2008)) представлены не только катафлювиальные циклиты, но и озерные отложения, отвечающие перерывам между паводками. Очевидно, что сальджарская толща формировалась не в результате одного суперпаводка, а длительно, с перерывами и в ходе многократных крупных паводков. Ее аккумуляция в данной части долины р. Катунь началась не ранее конца МИС-3.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ведущаяся в настоящее время разработка новой стратиграфической региональной схемы четвертичных отложений Алтае-Саянской горной области отражает смену парадигмы. В основу изменений положены представления о большом влиянии на осадконакопление в горных районах юга Сибири ледниково-подпрудных озер и их катастрофических спусков. Учет этого широко распространенного в плейстоценовый период процесса, безусловно, является большим шагом вперед по сравнению с предыдущей версией региональной схемы. В то же время накопление геохронологических данных, характеризующих флювиальные катастрофы, далеко не окончено. Значительные расхождения в вопросе возраста отложений катастрофических паводков свидетельствуют как о сложности их датирования, так и о по-прежнему недостаточном количестве дат, несмотря на значительный прогресс в этом направлении в последние годы. При этом, как подчеркивается в (Herget et al., 2020), с ростом числа датировок увеличивается и количество противоречивых данных. Отдельной проблемой даже среди сторонников изменений стратиграфической схемы являются разногласия в генетической интерпретации ключевых разрезов. Соответственно, больше внимания необходимо уделять не только особенностям каждого из методов датирования, но и комплексному анализу разрезов.

На данном этапе исследований уже накоплен массив дат, указывающих на вероятное прохождение катастрофических паводков из высокогорных впадин Юго-Восточного Алтая еще до эпохи последнего (МИС-2, сартанского в Западной Сибири или второго позднеплейстоценового на Алтае) оледенения. В то же время имеющихся хронологических данных пока недостаточно для корректной оценки возраста ининской и сальджарской дилювиальных толщ в долинах рек Чуя и Катунь и продолжительность перерыва между их накоплением. Лишь одна из восьми IRSL и OSL дат ининской толщи попадает в интервал МИС-6, что недостаточно для обоснования ее возраста как МИС-6 и старше.  $^{14}\text{C}$  и OSL даты сальджарской толщи и постсальджарского аллювия фор-

мируют два непересекающихся кластера – старше 90 и 35–12 тыс. лет, что может быть связано как с методическими особенностями датирования, так и с недостаточной геологической изученностью. По этой причине явно преждевременными являются корреляция оледенений Алтая, с которыми увязывают гляциогенные паводки, с хорошо изученными и массово датированными оледенениями северных районов Сибири, а также вывод о “региональном единстве в реакции гляциосистем Сибири в ответ на глобальные климатические изменения позднего неоплейстоцена в Северном полушарии” (Зольников, Мистрюков, 2008). Установление времени кульминации последнего наземного оледенения на севере Сибири в пределах ранневалдайского (100–60 тыс. лет назад) (Astakhov, 2013; Svendsen et al., 2004 и др.), а не поздневалдайского (25–10 тыс. лет назад) интервала, как считалось ранее, не является поводом для распространения этого сценария на горы юга Сибири, занимающие позицию в центре гигантского Евразийского континента, без специальных исследований. Ограниченное количество датировок ледниковых отложений Алтая и их противоречивость делают такую корреляцию неоправданной. Также преждевременно применять слабо обоснованные представления об исключительно древнем возрасте алтайских гляциальных паводков к тувинскому и саянскому секторам Алтае-Саянской области. Как показывают исследования (Gillespie, Molnar, 1995; Batbaatar et al., 2018), в Центральной Азии горные районы с разной степенью увлажнения испытывали максимальные оледенения асинхронно. На асинхронность максимума оледенений в этом тектонически активном регионе также могли влиять различия в скорости и времени тектонических движений, наличие или отсутствие вулканизма.

Имеющиеся данные не позволяют согласиться с представлениями об отсутствии ледниково-подпрудных озер и катастрофических паводков позднее МИС-4 на территории Русского Алтая, хотя именно эти представления на совещании СибРМСК 2018 г. претендовали на то, чтобы составить основу новой стратиграфической схемы четвертичных отложений Алтае-Саянской горной области. При составлении этой схемы необходимо учитывать палеонтологические находки *in situ* и результаты датирования озерных и дилювиальных отложений в Курайской и Чуйской впадинах, долине р. Катунь, устьях рек Иня и Сема. Полученные результаты указывают на необоснованность исключения сартанского криохрона (МИС-2) из эпох формирования и катастрофического спуска ледниково-подпрудных озер, свидетельствуют о начале длительной аккумуляции дилювиальной сальджарской толщи около 35 тыс. лет назад.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агатова А.Р., Непон Р.К. Соотношение позднепалеолитических памятников Чуйской котловины с геологическими следами ледниково-подпрудных озер позднего плейстоцена // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2017. Т. 25. № 4. С. 108–124.
- Агатова А.Р., Непон Р.К., Слюсаренко И.Ю., Мыглан В.С., Баринов В.В. Археологические памятники как маркер перестройки неоплейстоцен-голоценовой гидросети Курайской и Чуйской впадин (Юго-Восточный Алтай): результаты геолого-геоморфологических и геоархеологических исследований // Археология, этнография и антропология Евразии. 2016. Т. 44. № 4. С. 26–34.
- Агатова А.Р., Непон Р.К., Хазин Л.Б., Жданова А.Н., Успенская О.Н., Овчинников И.Ю., Моска П. Новые хронологические, палеонтологические и геохимические данные о формировании ледниково-подпрудных озер в Курайской впадине (юго-восток Русского Алтая) в конце позднего плейстоцена // Докл. АН. 2019. Т. 288. № 3. С. 319–322.
- Агатова А.Р., Непон Р.К., Слюсаренко И.Ю., Моска П. Ландшафтно-климатические изменения в высокогорье Русского Алтая в контексте его освоения человеком за последние 20 тысяч лет // Stratum plus. 2021. № 6. С. 269–297.
- Архипов С.А., Девяткин Е.В., Шелкопояс В.Н. Корреляция четвертичных оледенений Западной Сибири, Горного и Монгольского Алтая, Восточной и Западной Монголии // Проблемы стратиграфии и палеогеографии плейстоцена Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 149–161.
- Барышников Г.Я. Развитие рельефа переходных зон горных стран в кайнозое (на примере Горного Алтая). Томск: Изд-во ТГУ, 1992. 182 с.
- Борисов Б.А., Чернышева М.Б. Стратиграфия и палеогеография четвертичных отложений Яломанской впадины // Кайнозойский седиментогенез и структурная геоморфология СССР. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1987. С. 57–62.
- Бородавко П.С. Эволюция Чуйско-Курайской лимносистемы в позднем неоплейстоцене. Дисс. ... канд. геогр. наук. Томск: ТГУ, 2003. 173 с.
- Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 253 с.
- Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и неотектоника Юго-Восточного Алтая. М.: Наука, 1965. 243 с.
- Деев Е.В., Неведрова Н.Н., Зольников И.Д., Русанов Г.Г., Пономарев П.В. Геоэлектрические исследования отложений Чуйской котловины (Горный Алтай) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 1. С. 120–139.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Курбанов Р.Н., Панин А.В., Мюррей А., Корженков А.М., Турова И.В. Возраст Суворовского сейсмооползня по данным ОСЛ-датирования: значение для палеосейсмологии и палеогеографии Горного Алтая // Геология и геофизика. 2021. <https://doi.org/10.15372/GiG2021106>
- Деревянко А.П., Маркин С.В. Палеолит Чуйской котловины. Новосибирск: Наука, 1987. 112 с.
- Зольников И.Д. Стратотипы четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны Горного Алтая // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 9. С. 906–918.
- Зольников И.Д. Роль оледенений и гляциальных суперпаводков в геологическом строении осадочных комплексов верхней половины неоплейстоцена Горного Алтая и Предалтайской равнины. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2011. 32 с.
- Зольников И.Д., Деев Е.В. Стратиграфическое значение аллювиальных отложений Горного Алтая в позднем неоплейстоцене и голоцене // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2021. № 10с. С. 28–35.
- Зольников И.Д., Мистрюков А.А. Четвертичные отложения и рельеф долин Чуи и Катунь. Новосибирск: Параллель, 2008. 182 с.
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Лямина В.А. Новые данные о четвертичном морфолитогенезе в Чуйской котловине (Горный Алтай) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 4. С. 437–449.
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Котлер С.А., Русанов Г.Г., Назаров Д.В. Новые результаты OSЛ-датирования четвертичных отложений долины Верхней Катунь (Горный Алтай) и прилегающей территории // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 6. С. 1184–1197.
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Курбанов Р.Н., Панин А.В., Васильев А.В., Позднякова Н.И., Турова И.В. О возрасте чибитского оледенения Горного Алтая // Докл. АН. 2021. Т. 496. № 2. С. 204–210.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С., Орлова Л.А., Савельева П.Ю., Сизикова А.О., Смолянинова Л.Г. Верхний кайнозой юга Западной Сибири: современное состояние стратиграфии и палеогеографии // Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журналу “Геология и геофизика”. 2011. № 16–17. С. 137–152.
- Михайлов Н.Н. Последний ледниково-межледниковый цикл и его роль в формировании представлений о плейстоценовых оледенениях Алтая // География и современность. 2005. Вып. 10. С. 152–176.
- Непон Р.К., Агатова А.Р., Роднайт Х. Некоторые проблемы использования люминесцентных методов при датировании ледниковых отложений (на примере разреза Чаган, Юго-Восточный Алтай) // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. СПб.: Реноме, 2011. Т. 2. С. 101–110.
- Новиков И.С. Морфотектоника Алтая. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал “Гео”, 2004. 313 с.
- Окишев П.А., Бородавко П.С. Новые материалы к истории Чуйско-Курайской лимносистемы // Вопросы географии Сибири. 2001. Вып. 24. С. 18–27.
- Парначев С.В. Геология высоких алтайских террас (Яломано-Катунская зона) // Томск: ТПУ, 1999. 137 с.
- Побережная А.Е. Прошлое и настоящее в распределении ракушковых рачков (ostracoda) в древних озерах Хубсугул и Байкал. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2013. 18 с.
- Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири (Новосибирск, 1979 г.). Ч. III. Четвертичная система. Объяснительные записки к региональным стратиграфическим схемам отложений Средней Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1983. 84 с.
- Рудой А.Н. Режим ледниково-подпрудных озер межгорных котловин Южной Сибири // Материалы гляциологических исследований. 1988. Вып. 61. С. 36–44.

- Рудой А.Н.* Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика и палеогеографическое значение). Томск: ТГПУ, 2005. 228 с.
- Русанов Г.Г., Орлова Л.А.* Радиоуглеродные датировки (СОАН) Горного Алтая и Предальтайской равнины. Бийск: ВПО "АГАО", 2013. 291 с.
- Свиточ А.А., Боярская Т.Д., Воскресенская Т.Н., Глушанкова Н.И., Евсеев А.В., Курсалова В.И., Парамонова Н.Н., Фаустов С.С., Хорев В.С.* Разрез новейших отложений Алтая. М.: Изд-во МГУ, 1978. 208 с.
- Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.
- Тетерина И.И.* Фауна остракод кошагачской свиты Курайской и Чуйской впадин юго-восточной части Горного Алтая // Эволюция жизни на Земле. Материалы III Международ. симпозиума. Томск: Изд-во "НТЛ", 2005. С. 210–211.
- Тетерина И.И.* Остракоды миоцена Чуйской и Курайской впадин Юго-Восточного Алтая // Палеонтол. журн. 2016. № 3. С. 64–74.
- Хазин Л.Б., Агатова А.Р., Непоп Р.К., Шурыгин Б.Н.* Первые данные по позднеплейстоценовым остракодам Курайской впадины (Горный Алтай) // Докл. АН. 2019. Т. 486. № 4. С. 451–454.
- Шейнкман В.С.* Плейстоценовое оледенение гор Сибири: анализ и новые данные // Материалы гляциологических исследований. 1990. № 69. С. 78–85.
- Шейнкман В.С.* Возрастная диагностика ледниковых отложений Горного Алтая и их тестирование на разрезах Мертвого моря // Материалы гляциологических исследований. 2002. № 93. С. 41–55.
- Шпанский А.В., Михаревич М.В., Новиков И.С., Зольников И.Д., Прудников С.Г., Кальная О.И.* Дискуссионные вопросы геоморфологии и палеогеографии долины верхнего Енисея // Геоморфология. 2020. № 3. С. 98–105.
- Agatova A.R., Nepop R.K.* Pleistocene glaciations of the SE Altai, Russia, based on geomorphological data and absolute dating of glacial deposits in Chagan reference section // *Geochronometria*. 2017. V. 44. № 1. С. 49–65.
- Agatova A.R., Nepop R.K., Slyusarenko I.Yu., Myglan V.S., Nazarov A.N., Barinov V.V.* Glacier dynamics, palaeohydrological changes and seismicity in southeastern Altai (Russia) and their influence on human occupation during the last 3000 years // *Quaternary Int.* 2014. V. 324. P. 6–19.
- Agatova A.R., Nepop R.K., Bronnikova M.A., Slyusarenko I.Yu., Orlova L.A.* Human occupation of South Eastern Altai highlands (Russia) in the context of environmental changes // *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2016. V. 8. № 3. P. 419–440.
- Agatova A.R., Nepop R.K., Zazovskaya E.P., Ovchinnikov I.Yu., Moska P.* Problems of developing the Pleistocene radiocarbon chronology within high mountain terrains by the example of Russian Altai // *Radiocarbon*. 2019. V. 61. № 6. P. 2019–2028.
- Agatova A.R., Nepop R.K., Bronnikova M.A., Zhdanova A.N., Moska P., Zazovskaya E.P., Khazina I.V.* Problems of <sup>14</sup>C dating in fossil soils within tectonically active highlands of Russian Altai in the chronological context of the late Pleistocene megafloods // *Catena*. 2020a. V. 195. P. 104764.
- Agatova A.R., Nepop R.K., Carling P.A., Bohorquez P., Khazin L.B., Zhdanova A.N., Moska P.* Last ice-dammed lake in the Kuray basin, Russian Altai: new results from multidisciplinary research // *Earth-Sci. Rev.* 2020b. V. 205. P. 103183.
- Astakhov V.I.* Pleistocene glaciations of northern Russia — a modern view // *Boreas*. 2013. V. 42. № 1. P. 1–24.
- Baryshnikov G., Agatova A., Carling P., Herget J., Panin A., Adamiec G., Nepop R.* Russian Altai in the Late Pleistocene and the Holocene: geomorphological catastrophes and landscape rebound. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015. 137 с.
- Batbaatar J., Gillespie A.R., Fink D., Matmon A., Fujioka T.* Asynchronous glaciations in arid continental climate // *Quaternary Sci. Rev.* 2018. V. 182. P. 1–19.
- Blyakharchuk T.A., Wright H.E., Borodavko P.S., van der Knaap W.O., Ammann B.* The role of pingos in the development of the Dzhangyskol lake–pingo complex, central Altai Mountains, southern Siberia // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2008. V. 257. № 4. P. 404–420.
- Bohorquez P., Jimenez-Ruiz P.J., Carling P.A.* Revisiting the dynamics of catastrophic late Pleistocene glacial-lake drainage, Altai Mountains, central Asia // *Earth-Sci. Rev.* 2019. V. 197. P. 102892.
- Carling P.A., Kirkbride A.D., Parnachov S.V., Borodavko P.S., Berger G.W.* Late-Quaternary catastrophic flooding in the Altai Mountains of south-central Siberia: a synoptic overview and an introduction to flood deposits sedimentology // Flood and megaflood processes and deposits: recent and ancient examples. Eds. Martini P.I., Baker V.R., Garzon G. *Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ.* 2002. V. 32. P. 17–35.
- Deev E., Turova I., Borodovskiy A., Zolnikov I., Pozdnyakova N., Molodkov A.* Large earthquakes in the Katun Fault zone (Gorny Altai): paleoseismological and archaeoseismological evidence // *Quaternary Sci. Rev.* 2019. V. 203. P. 68–89.
- Ganyushkin D.A., Lessovaia S.N., Vlasov D.Y., Kopitsa G.P., Almyash L., Chistyakov K.V., Panova E.G., Derkach E., Alekseeva A.* Application of rock weathering and colonization by biota for the relative dating of moraines from the arid part of the Russian Altai Mountains // *Geosciences*. 2021. V. 11. P. 342.
- Gillespie A., Molnar P.* Asynchronous maximum advances of mountain and continental glaciers // *Rev. Geophys.* 1995. V. 33. № 3. P. 311–364.
- Gribenski N., Jansson K.N., Lukas S., Stroeven A.P., Harbor J.M., Blomdin R., Ivanov M.N., Heyman J., Petrakov D.A., Rudoy A., Clifton T., Lifton N.A., Caffee M.W.* Complex patterns of glacier advances during the late glacial in the Chagan Uzun Valley, Russian Altai // *Quaternary Sci. Rev.* 2016. V. 149. P. 288–305.
- Herget J.* Reconstruction of Pleistocene ice-dammed lake outburst floods in Altai mountains, Siberia // *Geol. Soc. Am. Spec. Publ.* 2005. V. 386. 118 p.
- Herget J., Agatova A.R., Carling P.A., Nepop R.K.* Altai megafloods — the temporal context // *Earth-Sci. Rev.* 2020. V. 200. P. 102995.
- Krivonogov S., Zolnikov I., Novikov I., Deev E.* Giant glaciogenic floods in Altai: geomorphological, geological and hydrological aspects // *Guidebook for Field Excursion at the 14<sup>th</sup> International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-Term Environmental Changes in East Eurasia*. Novosibirsk: NSU Publisher, 2017. 110 p.
- Nepop R.K., Agatova A.R., Bronnikova M.A., Zazovskaya E.P., Ovchinnikov I.Y., Moska P.* Radiocarbon dating of organic-rich deposits: difficulties of paleogeographical interpretations in highlands of Russian Altai // *Geochronometria*. 2020a. V. 47(1). P. 138–153.
- Nepop R.K., Agatova A.R., Uspenskaya O.N.* Climatically driven late Pleistocene–Holocene hydrological system transformation and landscape evolution in the eastern periphery of Chuya basin, SE Altai, Russia // *Quaternary Int.* 2020b. № 538. P. 63–79.

*Panin A., Baryshnikov G.* Composition and geochronology of the low (Saldzhar) terrace at the Chuya river confluence // Russian Altai in the last Pleistocene and the Holocene – geomorphological catastrophes and landscape rebound (fieldtrip guide). Eds. Baryshnikov G., Agatova A., Carling P., Herget J., Panin A., Adamiec G., Nepop R. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015. P. 68–72.

*Panin A., Baryshnikov G., Adamiec G.* Lithology and geochronology of sedimentary sequences at the Injushka River confluence // Russian Altai in the last Pleistocene and the Holocene – geomorphological catastrophes and landscape rebound (fieldtrip guide). Eds. Baryshnikov G., Agatova A., Carling P., Herget J., Panin A., Adamiec G., Nepop R. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015a. P. 60–67.

*Panin A., Adamiec G., Baryshnikov G.* General description and absolute geochronology of the Bolshoi Yaloman (BY) exposure // Russian Altai in the last Pleistocene and the Holocene – geomorphological catastrophes and landscape rebound (fieldtrip guide). Eds. Baryshnikov G., Agatova A., Carling P., Herget J., Panin A., Adamiec G., Nepop R. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015b. P. 41–47.

*Panin A., Baryshnikov G., Adamiec G.* Kuray strandlines – supplement // Russian Altai in the last Pleistocene and the Holocene – geomorphological catastrophes and landscape rebound (fieldtrip guide). Eds. Baryshnikov G., Agatova A., Carling P., Herget J., Panin A., Adamiec G., Nepop R. Barnaul: Publishing House of Altai State University, 2015c. P. 106–107.

*Reuther A., Herget J., Ivy-Ochs S., Borodavko P., Kubik P.W., Heine K.* Constraining the timing of the most recent cataclysmic flood event from ice-dammed lakes in the Russian Altai Mountains, Siberia, using cosmogenic in situ  $^{10}\text{Be}$  // *Geology*. 2006. V. 34. P. 913–916.

*Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataullin V., Henriksen M., Hjort C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjær K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lysa A., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Møller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M.J., Spielhagen R.F., Stein R.* Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Sci. Rev.* 2004. V. 23. № 11–13. P. 1229–1271.

Рецензент А.К. Маркова

## To the Issue of the Age of the Terrace Complexes of the Chuya and Katun Rivers, Russian Altai: Should the Sartan Cryochron Be Excluded from the Epochs of Ice-Dammed Lakes and Cataclysmic Outburst Floods?

A. R. Agatova<sup>a, b, #</sup>, R. K. Nepop<sup>a, b</sup>, P. Moska<sup>c</sup>, and B. L. Nikitenko<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>b</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>c</sup> Institute of Physics, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

<sup>d</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>#</sup>e-mail: rnk@igm.nsc.ru

The upcoming edition of new stratigraphic scheme of Quaternary deposits of the Altai-Sayan mountain province is based on the concept of cataclysmic draining of the Pleistocene ice-dammed lakes that occurred prior 90 ka ago (MIS-5 and earlier). Our geochronological (OSL,  $^{14}\text{C}$ ) and paleontological data argue against excluding the Sartan cryochron (MIS-2) from the epochs of the Altai glaciogenic fluvial catastrophes. The last cataclysmically drained ice-dammed lake in the Chuya depression existed after 37 ka ago. The Kurai depression in MIS-2 was filled with water already by ~25 ka ago and was drained ~19–16 ka ago. Draining of the last ice-dammed lake in the Kurai basin correlates with the beginning of the formation of the section of catafluvial-lacustrine cyclites in the Inya River valley (the right tributary of the Katun River) 17–16 ka ago (MIS-2). Previously, in new edition of the Altai-Sayan stratigraphic scheme this section was suggested as a parastratotype of the catafluvial Saldzhar deposits with the age MIS-5. For deposits at the edge of the 70-meter “Saldzhar” terrace of the Katun River upstream the mouth of the Chuya River, OSL dates of 16–12 ka were obtained. Paleontological finds of lacustrine fauna in situ make it possible to reconsider the concept of the exclusively catafluvial genesis of the Saldzhar deposits of the 60-meter terrace of the Katun River near the mouth of its left tributary, the Sema River. OSL age 32 ka indicates the beginning of their formation not earlier than the end of MIS-3. The section, which was proposed as a stratotype of the post-Saldzhar Maloyaloman alluvium with the age 90 ka, does not meet the requirements of the Stratigraphic Code, because contact with the Saldzhar deposits has not been revealed here, and genesis of deposits is controversial. At present, the  $^{14}\text{C}$  and OSL dates for Saldzhar deposits and for post-Saldzhar alluvium form two non-overlapping clusters – older than 90 ka and 35–12 ka. Both insufficient geological knowledge and methodological features of dating techniques could explain this fact. Only one of the eight IRSL and OSL dates for Inya deposits, which form high (up to 300 m) bars in the valleys of the Chuya and Katun rivers, falls within the MIS-6 time, which is insufficient to establish its age as MIS-6 and older. To make correct stratigraphic reconstructions, it is necessary not only to expand a set of dates obtained by different chronological methods, but also to study the dated deposits by a complex of geological methods.

**Keywords:** Pleistocene, ice-dammed lakes, cataclysmic outburst floods, Inya and Saldzhar deposits, Chuya and Katun rivers terraces, Russian Altai, OSL,  $^{14}\text{C}$ , micropaleontology