

УДК 551.435.472(235.222)

## ВОЗРАСТ ЛЕДНИКОВЫХ И ВОДНОЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЧИБИТСКОГО ГЛЯЦИОКОМПЛЕКСА И ЕГО ПОДПРУДНОЕ ОЗЕРО (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)<sup>#</sup>

© 2023 г. И. Д. Зольников<sup>1,2,3</sup>, Е. В. Деев<sup>2,3,4</sup>, Р. Н. Курбанов<sup>3,5</sup>, А. В. Панин<sup>3</sup>, И. С. Новиков<sup>1,\*</sup>,  
А. В. Васильев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Институт географии РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>5</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

\*E-mail: novikov@igm.nsc.ru

Поступила в редакцию 10.06.2022 г.

После доработки 27.09.2022 г.

Принята к публикации 10.11.2022 г.

Охарактеризован ареальный стратотип Чибитского оледенения в стратиграфической схеме четвертичных отложений Алтае-Саянской горной области, соответствующий по времени LGM (последнему ледниковому максимуму), т.е. четвертой ступени верхнего неоплейстоцена российской стратиграфической шкалы. Описаны и привязаны опорные геологические разрезы диамиктонов чибитского горизонта. Приведена палеогеографическая схема с контурами Чибитского и Маашейского ледников времени LGM, составленная по материалам дистанционного зондирования, полевых геоморфологических наблюдений и заверенная геологическими данными. Показаны границы ледниково-подпрудного Баратальского озера по уровню подтопления 1700 м. Этому уровню соответствуют верхние площадки террас на северо-восточной окраине Курайской котловины. В старой долине Чуи обнаружены валунно-глыбовники, отложенные прорывом баратальского озера. Они слагают тело террасы высотой около 5–7 м, врезанной в чибитскую морену. Установлено, что чибитская морена вложена в сальджарскую суперпаводковую толщу, следовательно, сальджарский и баратальский прорывы разновозрастны и разномасштабны.

*Ключевые слова:* суперпаводки, морена, поздний плейстоцен, стратиграфия, Чибитское оледенение

DOI: 10.31857/S2949178923010139, EDN: GRQQBP

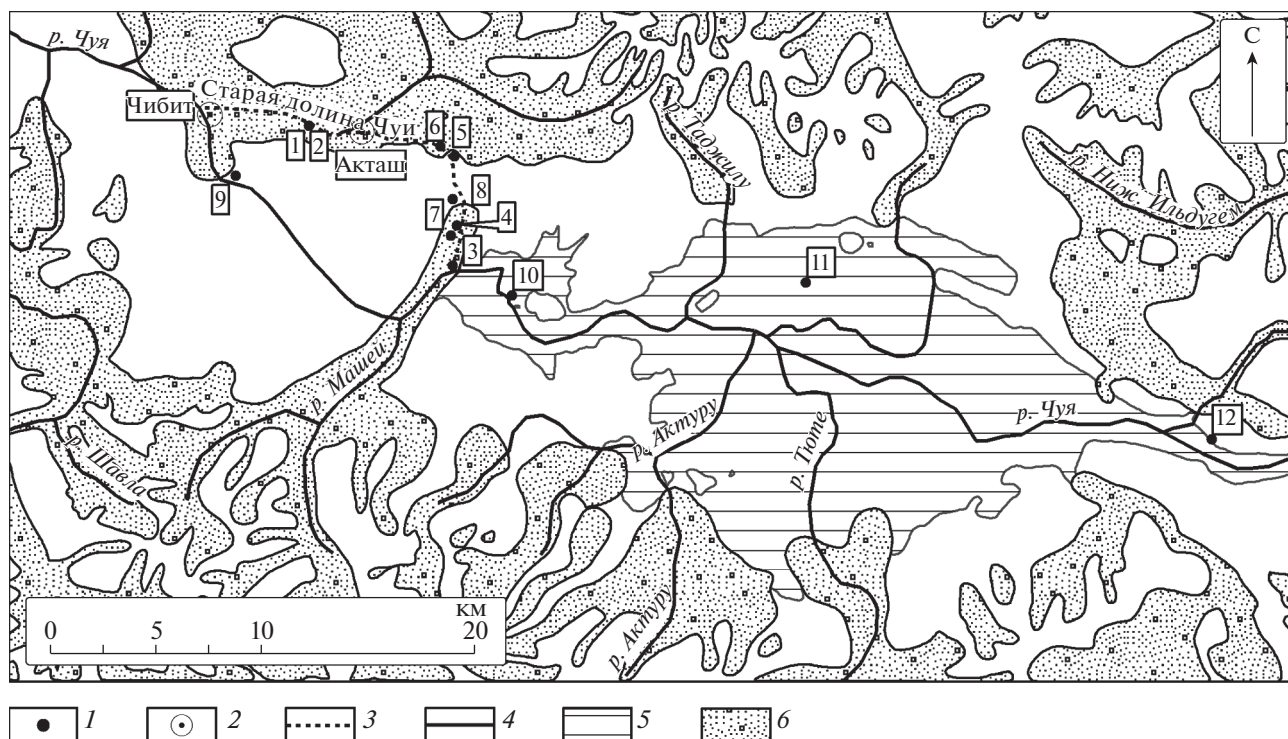
### ВВЕДЕНИЕ

Чибитский ледниковый горизонт является первым стратиграфическим подразделением в региональной стратиграфической схеме Горного Алтая, который получил надежное геохронометрическое обоснование методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) (Зольников и др., 2021). Первоначально чибитская морена была выделена в низовьях р. Чибитки, у пос. Чибит (рис. 1), по комплексу ледникового рельефа. При этом собственно голостратотип как опорный геологический разрез описан не был, а в региональной стратиграфической схеме (Борисов, 1984) был указан лектостратотип, датированный тер-

молюминесцентным методом (ТЛ) в Чаганском разрезе, расположенном на юго-западной окраине Чуйской котловины. Возраст этого горизонта в схеме четвертичных отложений Алтае-Саянской горной области считался соответствующим второй ступени верхнего неоплейстоцена Российской шкалы (Свиточ и др., 1978). Однако даты, полученные около полувека назад ТЛ методом старого поколения, среди научного сообщества давно уже не считаются валидными, в результате чего данный горизонт фактически потерял лектостратотип, и его стратиграфическая позиция стала неясной.

Возраст последнего оледенения в районе, прилегающем к населенным пунктам Чибит и Акташ, определен по трем ОСЛ датам в интервале от 14.4 тыс. л. н. до 21.0 тыс. л. н. в песках приледникового баратальского озера, подпруживавшегося в данном районе последним ледником. Однако высока вероятность того, что последний этап существования этого озера был связан с подпружи-

<sup>#</sup> Ссылка для цитирования: Зольников И.Д., Деев Е.В., Курбанов Р.Н., Панин А.В., Новиков И.С., Васильев А.В. Возраст ледниковых и водноледниковых отложений Чибитского Гляциокомплекса и его подпрудное озеро (Горный Алтай) // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54, № 1. С. 90–98. <https://doi.org/10.31857/S0435428123010133>; <https://elibrary.ru/GRQQBP>



**Рис. 1.** Палеогеографическая схема района средней Чуи на максимум Чибитского оледенения.

1 – точки наблюдения (цифры в прямоугольниках – номера точек); 2 – населенные пункты; 3 – канал прорыва баратальского озера в старой долине Чуи; 4 – основные реки; 5 – Баратальское ледниково-подпрудное озеро; 6 – области распространения ледников времени LGM по ДЗ и полевым наблюдениям.

**Fig. 1.** A Paleogeographic map of the basin of the middle Chuya and the proposed scheme for the distribution of the Chibit glaciation.

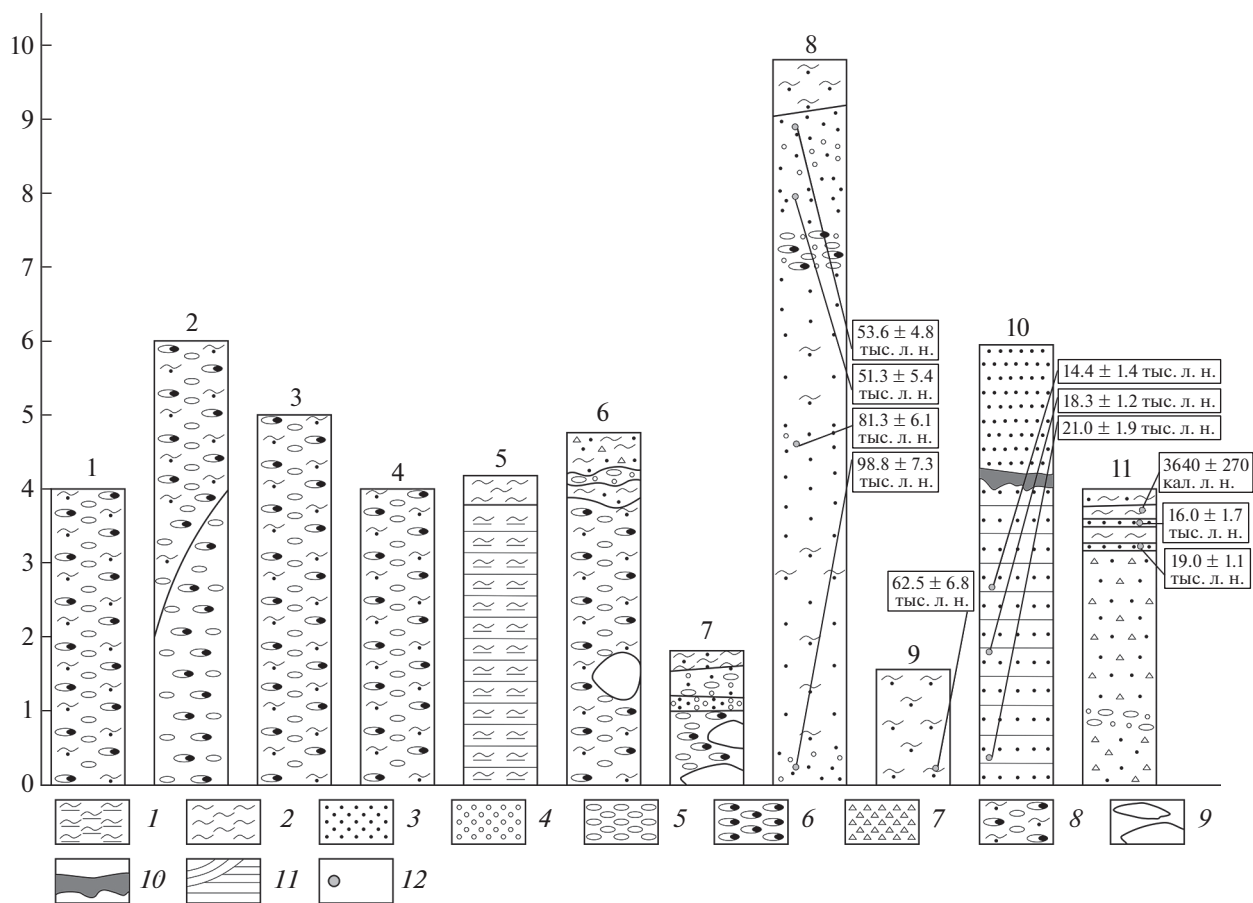
1 – observation points (numbers in rectangles – numbers of points); 2 – settlements; 3 – channel of the outburst of the Baratal lake in the old Chuya valley; 4 – main rivers; 5 – Baratal ice-dammed lake; 6 – areas of distribution of glaciers of the LGM time according to remote sensing and field observations.

ванием уже не ледником, а оставленной им моренной плотиной (Зольников и др., 2016, 2021). Таким образом, возраст чибитского горизонта по новым геохронометрическим данным сопоставляется с LGM (последний ледниковый максимум) и соответствует четвертой ступени верхнего неоплейстоцена российской стратиграфической шкалы. Однако до сих пор остается не выясненной позднплейстоценовая история старой и новой долин Чуи. Образование нового каньона Чуи относится некоторыми исследователями (Panin, Baryshnikov, 2015a,b) к началу позднплейстоценовой холодной эпохи около 80–100 тыс. л. н. Если в LGM Чибитско-Акташский ледник запаковывал старую долину Чуи и перенаправлял ее воды в обход по новому каньону, то в результате какой плотины возникало подпрудное Баратальское озеро? Сколько времени такое озеро существовало и каков был его максимальный уровень? Прорывалось ли Баратальское озеро при завершении чибитского оледенения, и если да, то каковы были масштабы такого прорыва? Рассмотрим геоморфологические, геологические и геохронометрические данные, которые позволят дать ответы на эти вопросы.

## ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Прежде всего в связи с отсутствием опубликованного чибитского голостратотипа и потерей чаганского лектостратотипа следует описать опорные разрезы с моренами, соответствующими чибитскому оледенению. В этой связи стоит отметить, что фактически все дно “старой” долины Чуи от участка, прилегающего к поселку Акташ, до участка, прилегающего к поселку Чибит, выстлано диамиктонами (рис. 1). То есть собственно факт наличия морен в этом районе считается общепризнанным и никем из исследователей Горного Алтая никогда не подвергался сомнению. Что касается обнажений, доступных непосредственному наблюдению, то в качестве таковых можно указать на придорожные обрывы, расположенные вдоль южной обочины трассы Р-256 (Чуйский тракт) на левобережье рек Чибитка и Менка, русла которых находятся внутри старой долины Чуи.

**Т. н. № 1** на рис. 1. Координаты: 50.31402° с. ш., 87.56902° в. д., абс. высота 1280 м. Обнажение находится на левом берегу реки Менка, 789-й км



**Рис. 2.** Колонки опорных четвертичных разрезов.

1 – алевропелит; 2 – алеврит; 3 – песок; 4 – гравий; 5 – галька; 6 – валуны; 7 – дресва; 8 – диамиктон; 9 – глыбы; 10 – палеопочва; 11 – слоистость; 12 – люминесцентные и радиоуглеродные даты (Panin, Baryshnikov, 2015a,b; Agatova et al., 2020; Зольников и др., 2021).

**Fig. 2.** Columns of reference Quaternary sections.

1 – aleuropelite; 2 – aleurite; 3 – sand; 4 – gravel; 5 – pebbles; 6 – boulders; 7 – gruss; 8 – diamicton; 9 – blocks; 10 – paleosoil; 11 – bedding; 12 – luminescence and radiocarbon dates (Panin and Baryshnikov, 2015a,b; Agatova et al., 2020; Zolnikov et al., 2021).

трассы Р-256 (колонка № 1 на рис. 2). Здесь в придорожных обрывах вдоль южной обочины трассы Р-256 прослеживается на протяжении нескольких десятков метров серия обнажений палево-серого неслоистого диамиктона с валунами и гальками в форме ледогранников в алевропесчаном заполнителе. Процентное соотношение крупных обломков и заполнителя существенно варьирует в пределах обнажения. Местами фиксируются оторженцы литифицированных палеозойских пород. Петрографический состав обломочного материала разнородный, что свидетельствует о его значительном перемещении от источников сноса. Высота бровки обнажений, а следовательно, и видимая мощность диамиктона около 4 м. Данный геологический разрез предлагается считать лектостратотипом чибитской морены, сформированной Акташско-Чибитским ледником.

**Т. н. № 2** на рис. 1 (колонка № 2 на рис. 2). Координаты:  $50.31414^\circ$  с. ш.,  $87.56872^\circ$  в. д., абс. вы-

сота 1280 м. Обнажение находится на левом берегу реки Менка, 789-й км трассы Р-256, примерно в 50 м западнее разреза № 1. В придорожной врезке обнажен палево-серый неслоистый диамиктон (в восточной части обнажения), надвинутый на валунник с галькой и глыбами (в западной части обнажения). Плоскость сместителя надвига падает на восток под углом около  $30\text{--}40^\circ$ . Диамиктон палево-серый с валунами и гальками в форме ледогранников (примерно 40% от общего объема) с алевропесчаным заполнением (примерно 60% от общего объема). Диамиктон трактуется как основная морена Акташско-Чибитского ледника, а промытый валунник с глыбами интерпретируется как сальджарская толща. Видимая мощность отложений около 6 м. Протяженность обнажения около 15 м. Налегание чибитской морены на сальджарскую толщу указывает на то, что чибитский диамиктон моложе сальджарских отложений, возраст которых в Малояломанской впадине, с

учетом ОСЛ-датировки, определен как 90 тыс. л. н. (Зольников и др., 2016). Наблюдаемая структура представляет собой гляциошарьяж – пологий надвиг чибитской морены на сальджарские валуны.

**Т. н. № 3** на рис. 1 (колонка № 3 на рис. 2). Координаты: 50.25433° с. ш., 87.66302° в. д., абс. высота 1455 м. Обнажение протяженностью около 20 м находится на правом берегу р. Чуя недалеко от недостроенной Акташской ГЭС, в районе ветвления на старую и новую долины Чуи. В стенке обрыва вскрыт серый неслоистый диамиктон. Грубообломочный материал (примерно 30% от общего объема) представлен ледогранниками валунами и гальками, а также дресвой. Заполнитель алевропесчаный (примерно 70% от общего объема). Алевритовой составляющей (“ледниковой муки”) больше чем песчаной в соотношении приблизительно 2—1. Подошва диамиктона не вскрыта. Видимая мощность диамиктона 5 м. Генезис – монолитная основная морена, отложенная Маашейским палеоледником.

**Т. н. № 4** на рис. 1 (колонка № 4 на рис. 2). Координаты: 50.27134° с. ш., 87.66599° в. д., абс. высота 1480 м. Серия обнажений высотой более 4 м и фрагментарной протяженностью около 30 м находится на правом борту старой долины р. Чуя, в придорожной врезке трассы Р-256. В стенке обрыва вскрыт серый неслоистый диамиктон, представленный ледогранниками, валунами и гальками с алевропесчаным заполнителем (до 60—70%). Генезис – монолитная морена Маашейского палеоледника.

Далее вниз по долине наблюдается моренный комплекс, фиксирующий край продвижения Маашейского ледника в старую долину Чуи. От конечно-моренного уступа на протяжении нескольких километров в сторону Акташа обнажения диамиктонов отсутствуют (рис. 1). Это указывает на разрыв между Акташко-Чибитским ледником, занимавшим старую долину Чуи от населенного пункта Акташ до населенного пункта Чибит и ледником, выдвинувшимся из долины р. Маашей через новую долину Чуи и частично зашедшим в старую долину реки Чуя. О том, что эти ледники не смыкались, свидетельствует нижеописанный геологический разрез.

**Т. н. № 5** на рис. 1 (колонка № 5 на рис. 2). Координаты: 50.30231° с. ш., 87.66311° в. д., абс. высота 1385 м. Геологический разрез находится близ 796-го км трассы Р-256. В придорожном обнажении высотой 4.2 м вскрыты субгоризонтально-параллельнослоистые алевропелиты, которые по текстурному облику соответствуют “ленточным глинам” озерно-ледникового типа. Отчетливо фиксируется чередование более светлых “толстых” алевритовых слоев и более темных “тонких” пелитовых слоев. По всей видимости эти

отложения свидетельствуют о существовании ледниково-подпрудного озера, сформировавшегося между Акташко-Чибитским и Маашейским ледниковыми языками в условиях отсутствия водного стока.

**Т. н. № 6** на рис. 1 (колонка № 6 на рис. 2). Координаты: 50.30237° с. ш., 87.65976° в. д., абс. высота 1370 м. Недалеко от т. н. № 5 в серии придорожных обнажений вскрыты на протяжении более 100 м диамиктоны, в которых на разной высоте присутствуют редкие маломощные до 0.3 м прослой гравийного песка с линзами алеврита. Диамиктон серый с ледогранниками валунами и гальками, а также с алевропесчаным заполнителем. Видимая мощность диамиктонов около 5 м. По данным дистанционного зондирования и геоморфологическим наблюдениям эта полоса обнажений вдоль Чуйского тракта вскрывает отложения, оставленные Акташко-Чибитским ледником, питающей провинцией которого был Улаганский ледоём, располагавшийся в одноименной впадине к северу от Курайского хребта.

**Т. н. № 7** на рис. 1 (колонка № 7 на рис. 2). Координаты: 50.2672° с. ш., 87.66217° в. д., абс. высота 1475 м. Обнажение находится близ 801-го км трассы Р-256. На данном участке старой долины р. Чуя наблюдается небольшая терраса высотой от 5 до 7 м с площадкой протяженностью немногим более 150 м и шириной несколько десятков м (если считать по обе стороны от дороги). Тело террасы подрезано дорожной выемкой глубиной 4.2 м, где вскрыт валунно-глыбовник окатанный. Преобладают крупные валуны более 0.5 м в поперечнике. В 70 см от бровки находится прослой серого крупнозернистого гравийного песка местами косослойчатого, местами параллельно-слоистого толщиной приблизительно 15 см. По геоморфологическим наблюдениям тело террасы врезано в диамиктон, обнаженный в т. н. № 4 и № 3 по обе стороны от т. н. № 7 (рис. 1, 2).

**Т. н. № 8** на рис. 1 (колонка № 8 на рис. 2). Координаты: 50.27996° с. ш., 87.67025° в. д., абс. высота 1440 м. Левый борт долины “старой Чуи”. Нижний карьер Менской ГЭС. В стенках карьера вскрывается переслаивание песка, алевропеска, гравийного песка, дресвы и гравийно-галечника. Слоистость преимущественно параллельная с редкими пологими срезаниями. В последнем случае вышележащие серии срезают нижележащие, создавая рисунок ясно читаемых внутриформационных угловых несогласий. По горизонтали стратифицированная толща сменяется мозаикой блоков, между которыми либо прослеживаются дизъюнктивные границы, либо наблюдается алевропесчаный оплывневой заполнитель. Кроме того, в прикровельной части отмечается перетолжение склоновыми процессами. Сводный разрез составляет около 10 м. По данным (Panin,

Baryshnikov, 2015a) здесь получены ОСЛ даты  $51.3 \pm 5.4$ ,  $53.6 \pm 4.8$ ,  $81.3 \pm 6.1$  и  $98.8 \pm 7.3$  тыс. л. В интерпретации цитированных авторов разрез представляет отложения краевого зандра ледника, заполнявшего старую долину Чуи около 80–100 тыс. л. н., со следами более позднего перемива. К флювиогляциальным отложениям “первого постмаксимального” оледенения (по современной схеме – МИС 5-4) относил эти отложения и Е.В. Девяткин (1965). В представлении ряда авторов настоящей статьи, это суперпаводковые отложения средних террас с переотложенными склоновыми образованиями в верхней части. В любом случае изученный комплекс представляет эрозионный останец, сложенный отложениями эпохи первого верхнечетвертичного оледенения Горного Алтая, соответствующего по времени второй ступени верхнего неоплейстоцена Российской четвертичной шкалы. Существенно гипсометрически ниже этих отложений находится чибитский гляциокомплекс, включающий в себя как морены, так и водно-ледниковые осадки. Следует особо отметить, что фрагменты суперпаводковых террас на левом борту старой долины Чуи сохранились исключительно на отрезке между Чибитским и Маашейским ледниковыми комплексами, т.е. на той территории, которую ледниковые языки стадии LGM не занимали, согласно геоморфологической схеме рис. 1.

**Т. н. № 9** на рис. 1 (колонка № 9 на рис. 2). Координаты:  $50.28689^\circ$  с. ш.,  $87.52230^\circ$  в. д., абс. высота 1340 м. Описываемое придорожное обнажение протяженностью немногим более 100 м и высотой до 1.5–2 м находится на правом борту новой долины р. Чуя выше по течению от краевого комплекса чибитского оледенения (рис. 1). В обнажении вскрыты светло серые алевропески с примесью дресвы, щебня и мелкой гальки. Фрагментами отмечается нечетко выраженная слоистость параллельная склону, но в целом отложения массивные. По текстурно-структурным особенностям эти отложения можно диагностировать как солифлюкционно-делювиальные, т.е. склоновые, сформированные за счет переотложения более древних возможно гляциогенных (в том числе лимногляциальных) отложений. Согласно (Panin, Baryshnikov, 2015b) здесь получена ОСЛ-дата  $62.5 \pm 6.9$  тыс. л. Эти данные являются дополнительным свидетельством того, что отрезок новой долины Чуи между Чуйским и Маашейским гляциокомплексами, показанными на рис. 1, не занимался ледниками во время LGM.

**Т. н. № 10** на рис. 1 (колонка № 10 на рис. 2). Координаты:  $50.24152^\circ$  с. ш.,  $87.70214^\circ$  в. д., абс. высота 1475 м. В придорожном карьере у трассы Р-256 около урочища Баратал на правом берегу р. Чуя сверху вниз вскрыты светло-серые с буроватым оттенком неслоистые мелкозернистые пылеватые переветренные пески мощностью 1.7 м.

Кровля неровная, осложненная невысокими эоловыми грядами. В основании залегает эфемерная светло-бурая палеопочва толщиной 0.3 м. Непосредственно под палеопочвой на глубину 4 м вскрыты светло-серые с желтоватым оттенком параллельно субгоризонтально слоистые мелко- и среднезернистые пески Баратальского палеозера. Участками слоистость становится пологолинзовидной. Редко встречаются мелкие белесые алевритовые прослои. Подошва слоя не вскрыта. Судя по разрезу, в береговом обрыве рядом с карьером изученной оказалась верхняя половина озерной толщи, которая слагает террасу, отчетливо выделяющуюся как на цифровых моделях рельефа, так и на космических снимках. Из озерных песков были получены три ОСЛ-даты:  $21.0 \pm 1.9$  тыс. л. с глубины 5.8 м;  $18.3 \pm 1.2$  тыс. л. с глубины 4.6 м;  $14.4 \pm 1.4$  тыс. л. с глубины 3 м от поверхности (Зольников и др., 2016, 2021).

**Т. н. № 11** на рис. 1 (колонка № 11 на рис. 2). Координаты:  $50.24564^\circ$  с. ш.,  $87.89574^\circ$  в. д., абс. высота 1570 м. Придорожное обнажение у трассы Р-256 на северо-западном окончании Курайской котловины. Здесь вскрыты снизу вверх паводковые параллельно-слоистые пескодресвяники мощностью более 3 м, перекрытые палевыми алевропесками и алевритами с прослоями песков и пескодресвяников общей мощностью до 1 м. Параллельные пескодресвяники представляют собой типичную фазию прорывных паводков, а алевриты и алевропески верхнего слоя по всей видимости являются переотложенными склоновыми образованиями. Непосредственно в верхней части разреза в двух прослоях песка получены ОСЛ-даты:  $16.0 \pm 1.7$  и  $19.0 \pm 1.1$  тыс. л., в прикровельном же участке из погребенной почвы получена радиоуглеродная дата  $3640 \pm 270$  кал. л. н. (Agatova et al., 2020). Авторы дат интерпретируют эти отложения как осадки Курайского ледниково-подпрудного озера. На наш взгляд, нижняя часть геологического разреза представляет собой прорывные образования, а верхняя – постпрорывные склоновые (преимущественно делювиальные и солифлюкционные). Такая интерпретация не исключает существования на этих высотах подпрудного озера, реконструируемого в работе (Agatova et al., 2020).

**Т. н. № 12** на рис. 1. Координаты:  $50.17684^\circ$  с. ш.,  $88.16350^\circ$  в. д. В данной точке наблюдения на северо-восточном борту Курайской котловины прослеживается серия террас Баратальского ледниково-подпрудного озера, выработанных в склоновых отложениях (рис. 3). Абс. высота площадки верхней террасы 1696 м.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Новые данные в совокупности с ранее опубликованными абсолютными датами позволяют



Рис. 3. Серия террас баратальского озера на северо-востоке Курайской котловины.

Fig. 3. A series of terraces of the Baratal Lake in the northeast of the Kurai basin.

предложить палеогеографическую модель чибитского оледенения (рис. 1), согласно которой Акташско-Чибитский и Маашейский ледники заполняли края старой и новой долин Чуи, но не проникали в центральную часть новой долины, а Акташско-Чибитский ледник занимал почти всю старую долину. Новые данные не подтверждают мнение П.А. Окишева (2011) о том, что морены на входе в старую долину Чуи принадлежат Акташско-Чибитскому леднику, а Маашейский ледник распространялся только по новому участку долины. Напротив, наши данные соответствуют точке зрения О.А. Раковец и Г.Л. Шмидта (1963) о том, что моренные накопления на входе в старую долину Чуи принадлежат Маашейскому леднику и не связаны с моренами Акташско-Чибитского ледника на выходе из этой долины. Предложенная модель объясняет наличие древних дат в отложениях, не перекрывавшихся ледниками времени LGM: в старой долине Чуи между моренами Маашейского и Чибитского ледников (т. н. № 8, около 50 тыс. л. и 80–100 тыс. л.), а также в новой долине Чуи (т. н. № 9, около 60 тыс. л.).

На схеме Е.В. Девяткина (1965, рис. 4–5) Маашейский ледник времени “второго постмаксимального оледенения” не перекрывает старую долину Чуи, что не предполагает формирования выше по течению подпрудных водоемов в конце позднего плейстоцена. Однако нами было показано, что именно в это время формируется Баратальское подпрудное озеро. По датам из его песков (колонка № 10 на рис. 2) можно судить о возрасте подпруживающего Чую Маашейского ледника. Поскольку датирована только верхняя часть баратальских песков, начало подпруживания, а значит и чибитского оледенения происходило несколько ранее 21 тыс. л. н.

О времени деградации оледенения можно судить по результатам  $^{10}\text{Be}$  датирования морен, а также ОСЛ датирования озерных отложений. В месте смыкания новой и старой долин Чуи у деревни Чибит конечно-моренный комплекс проникает в Чуйский каньон не более чем на пару километров и не имеет продолжения вверх по течению реки (рис. 1). Здесь бериллиевым методом по поверхности ледогранников чибитской морены получены даты 16.5–18 тыс. л. н. (Reuther, 2007).

В соответствии с геоморфологическими данными (Новиков, Парначев, 2000) основной плотиной, перегораживавшей долину Чуи и создававшей ледяную дамбу, за счет которой формировалось подпрудное Баратальское озеро, был Маашейский ледник, который выходил в место раздвоения долины Чуи на старую и новую ветви, а затем продвигался на несколько километров вниз по старой долине, где и оставил конечно-моренный комплекс (рис. 1). Основываясь на высотах озерных террас в перемычке между Курайской и Чуйской впадинами (т. н. № 12), можно принять, что максимальный уровень Баратальского подпрудного озера времени LGM достигал отметки 1700 м абс. Он не мог подниматься выше 1750 м абс., поскольку в таком случае подверглись бы размыву абляционные морены Куюктанарского ледника, датированные временем ранее LGM (Деев и др., 2021). Береговая линия Баратальского озера на рис. 1 показана исходя из уровня 1700 м абс. Максимальные отметки озерных террас в Чуйской и Курайской впадине достигают 2150 м абс. (Новиков и др., 1995), но сохранность этих террас намного хуже, чем у наблюдаемых на отметках до 1750 м и они фиксируют уровни более древнего приледникового озера со спуском которого связано формирование ининской толщи (Зольников и др., 2015).

Определения абсолютного возраста радиоглеродным и OSL методами, полученные на северо-западной окраине Курайской котловины в отложениях у кровли прорывных пескодресвяников, сформировавшихся при спуске Баратальского подпрудного палеозера (т. н. № 11, 19 и 16 тыс. л.) хорошо коррелируются с датами по космогенному бериллию валунов-ледогранников чибитской морены около 16.5–18 тыс. л. н. Это свидетельствует о дегляциации к этому времени ледников как в старой, так и в новой долинах Чуи. Казалось бы, этому противоречат OSL-даты из верхней части баратальских озерных осадков (т. н. № 10, от 21 до 14 тыс. л.). Однако при более углубленном анализе этих дат становится ясным, что они логично дополняют событийно палеогеографическую историю района. Спуск Баратальского озера на рубеже 19 тыс. л. н. согласно датам, полученным из суперпаводковых отложений (Agatova et al., 2020), привел к формированию пескодресвяников (т. н. № 11), валунноглыбовников (т. н. № 7) и образованию канала прорыва на дне долины реки Чуя (рис. 1), по которой впоследствии заложилась более мелкие долины рр. Менка и Чибитка. Прорывные воды не смогли пропилить до литифицированных пород диамиктоновую толщу, оставленную в днище Чуйской долины на фронтальном участке Маашейского ледника. Поэтому после спуска озера сохранилась моренная плотина, перекрывшая дальнейший доступ в старую долину Чуи. Соответственно Чуя повернула в новую долину, либо осталась в ней, если вслед за некоторыми авторами (Panin, Varyshnikov, 2015a,b) считать, что новая долина была сформирована уже на предыдущем этапе ледниковой истории 80–100 тыс. л. н. С 19–18 тыс. л. н. до 14 тыс. л. н. в районе Баратальского урочища существовало уже моренно-подпрудное озеро с меньшими размерами и более низким уровнем, нежели ледниково-подпрудный бассейн, существовавший ранее 19 тыс. л. н., с максимальной отметкой 1700 м над у. м.

Следует особо отметить, что паводковое событие при прорыве Чибитско-Маашейской плотины было гораздо менее масштабным, нежели сальджарское при разрушении ледниковых плотин около 90 тыс. л. н., что не подтверждает представления ряда исследователей (Бутвиловский, 1993; Рудой, 1995, 2001; Herget, 2005; Reuter et al., 2006; Herget et al., 2020) о молодом (между 28 и 15 тыс. л. н.) возрасте проходивших по Чуйско-Катунской системе речных долин прорывных мегапаводков. На то, что уровень заплеска прорывных вод был относительно невысоким, указывает, в частности, наличие более древних отложений с возрастом 50–100 тыс. л., сохранившихся на высоких отметках, сравнимых с уровнями средних и высоких террас как в старой, так и в новой долинах реки Чуя. Диамиктоны морен в

т. н. № 1, 2, 3, 4 и 6, а также водно-ледниковые отложения в т. н. № 5, 7, 10 и 11 представляют собой достаточно компактно расположенные в едином районе геологические разрезы закономерно сложенного гляциокомплекса и могут считаться составным ареальным стратотипом чибитского ледникового горизонта.

## ВЫВОДЫ

В бассейне средней Чуи выявлен ряд разрезов моренных и водно-ледниковых отложений, относящихся к чибитскому ледниковому горизонту, соответствующему последнему глобальному ледниковому максимуму (LGM), т.е. четвертой ступени верхнего неоплейстоцена российской стратиграфической шкалы. 11 из них являются опорными и приведены на рис. 2. Построена палеогеографическая схема времени чибитского оледенения. Маашейский и Акташско-Чибитский ледники, соответственно, сверху и снизу запырили старую и новую долины Чуи, не занимая некоторые их части (см. рис. 1), что позволило сохраниться там более древним верхнеплейстоценовым отложениям. Подпруживание р. Чуи вызвало формирование Баратальского ледниково-подпрудного озера, поднимавшегося до максимальной высоты 1700 м абс. и затопивавшего Курайскую котловину, но не проникавшего в Чуйскую котловину. OSL датирование песков Баратальского озера позволяет геохронометрировать основные события чибитской ледниковой эпохи. Начало роста ледников и подпруживания Чуи происходили ранее 21 тыс. л. н. Деградация ледников и спуск подпрудного озера относятся ко времени 19–18 тыс. л. н., но после этого в течение еще нескольких тысяч лет существовал остаточный водоем, подпруженный моренной дамбой, оставленной Маашейским ледником. Спуск Баратальского озера не был настолько же катастрофическим, как во время более древнего сальджарского суперпаводка.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 22-17-00140).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисов Б.А. Алтае-Саянская горная область // Стратиграфия СССР. Четвертичная система. Полутом 2. М.: Недра, 1984. С. 331–350.
- Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1993. 253 с.
- Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и неотектоника юго-восточного Алтая // Тр. Геол. ин-та. Вып. 126. М.: Наука, 1965. 252 с.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Курбанов Р.Н., Панин А.В., Мюррей А., Корженков А.М., Турова И.В., Поздняко-

- ва Н.И., Васильев А.В. Возраст Сукорского сейсмогенного оползня по данным ОСЛ-датирования: значение для палеосейсмологии и палеогеографии Горного Алтая // Геология и геофизика. 2022. Т. 63. № 6. С. 898–912.  
<https://doi.org/10.15372/GiG2021106>
- 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 // ДАН. Наука о Земле. 2021. Т. 496. № 2. С. 204–210.  
<https://doi.org/10.31857/S2686739721020225>
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Назаров Д.В., Котлер С.А. Сравнительный анализ суперпаводковых отложений и аллювия долин рек Чуя и Катунь (Горный Алтай) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 8. С. 1483–1495.  
<https://doi.org/10.15372/GiG20150807>
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Русанов Г.Г., Назаров Д.В., Котлер С.А. Новые результаты OSL-датирования четвертичных отложений долины верхней Катунь (Горный Алтай) и прилегающей территории // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 6. С. 1194–1197.
- Новиков И.С., Мистрюков А.А., Трефуа Ф. Геоморфологическое строение района Чуйской межгорной впадины (Горный Алтай) // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 10. С. 64–74.
- Новиков И.С., Парначев С.В. Морфотектоника позднечетвертичных палеоозер в долинах и межгорных впадинах Юго-Восточного Алтая // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 2. С. 227–238.
- Окишев П.А. Рельеф и оледенение Русского Алтая. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2011. 382 с.
- Раковец О.А., Шмидт Г.Л. О четвертичных оледенениях Горного Алтая // Тр. Комис. по изуч. четвертич. периода. Т. XXII. Стратиграфия четвертичных отложений и новейшая геологическая история Алтая. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–31.
- Рудой А.Н. Геоморфологический эффект и гидравлика познеплейстоценовых йокульлаупов ледниково-подпрудных озер Южной Сибири // Геоморфология. 1995. № 4. С. 61–76.
- Рудой А.Н. Гидравлические характеристики и возможная геохронология четвертичных гляциальных суперпаводков на Алтае // Изв. РГО. 2001. Т. 133. Вып. 5. С. 30–41.
- Свиточ А.А., Боярская Т.Д., Воскресенская Т.Н., Глушанкова И.И., Евсеев А.В., Курсалова В.И., Парамонова Н.Н., Фаустов С.С., Хореев В.С. Разрез новейших отложений Алтая. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 208 с.
- Agatova A.R., Nepop R.K., Carling P.A., Bohorquez P., Khazin L.B., Zhdanova A.N., and Moska P. Last ice-dammed lake in the Kuray basin, Russian Altai: New results from multidisciplinary research // *Earth-Science Reviews*. 2020. Vol. 205. 103183.  
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103183>
- Herget J. Reconstruction of Pleistocene Ice-dammed Lake Outburst Floods in Altai-mountains. Special Paper of the Geological Society of America. 2005. Vol. 386. 118 p.  
<https://doi.org/10.1130/0-8137-2386-8.1>
- Herget J., Agatova A.R., Carling P.A., and Nepop R.K. Altai megafloods – the temporal context // *Earth-Science Reviews*. 2020. Vol. 200. 102995.  
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102995>
- Panin A. and Baryshnikov G. The Chuya spillway upstream from Chibit town // Russian Altai in the Last Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound. Fieldtrip Guide. Barnaul: Publishers House of Altai State University (Publ.), 2015a. P. 112–114.
- Panin A. and Baryshnikov G. Old valley of Chuya – its age and mechanism of abandonment // Russian Altai in the Last Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound. Fieldtrip Guide. Barnaul: Publishers House of Altai State University (Publ.), 2015b. P. 115–119.
- Reuther A.U. Surface exposure dating of glacial deposits from the last glacial cycle – evidence from the eastern Alps, the Bavarian Forest, the southern Carpathians and the Altai Mountains // *Relief Boden Palaeoklima*. 2007. 213 p.
- Reuther A.U., Herget J., Ivy-Ochs S., Borodavko P., Kubik P.W., and 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 <sup>10</sup>Be // *Geology*. 2006. Vol. 34. No. 11. P. 913–916.  
<https://doi.org/10.1130/G22755A.1>

## AGE OF GLACIAL AND FLUVIOGLACIAL DEPOSITS OF THE CHIBITSKY GLACIOCOMPLEX AND ITS DAMMED LAKE (GORNYY ALTAI)<sup>1</sup>

I. D. Zolnikov<sup>a,b,c</sup>, E. V. Deev<sup>b,c,d</sup>, R. N. Kurbanov<sup>c,e</sup>, A. V. Panin<sup>c</sup>, I. S. Novikov<sup>a,#</sup>, and A. V. Vasiliev<sup>a,b</sup>

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

<sup>b</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>c</sup>Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

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

<sup>e</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

<sup>#</sup>E-mail: novikov@igm.nsc.ru

The areal stratotype of the Chibit glaciation is characterized in the stratigraphic scheme of the Quaternary deposits of the Altai-Sayan mountainous region, corresponding to the last glacial maximum, i.e. the fourth stage of the Upper Neopleistocene of the Russian stratigraphic chart. The reference geological sections of the

<sup>1</sup> For citation: Zolnikov I.D., Deev E.V., Kurbanov R.N., Panin A.V., Novikov I.S., and Vasiliev A.V. 2023. Age of glacial and fluvio-glacial deposits of the Chibitsky glaciocomplex and its dammed lake (Gornyy Altai). *Geomorfologiya i Paleogeografiya*, vol. 54, no. 1, pp. 90–98 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0435428123010133>; <https://elibrary.ru/GRQQBP>



diamictons of the Chibit horizon are described. A Paleogeographic map showing the area of the Chibitsky and Maasheysky glaciers during the LGM is presented. The map was compiled on the basis of remote sensing materials, field geomorphological observations and field geological data. The boundaries of the glacial-dammed Baratal Lake are shown based on flooding level of 1700 m. This level corresponds to the upper terraces on the northeastern edge of the Kurai depression. The boulder-gravel deposits formed as a result of the Baratal lake breakthrough were identified in the old valley of the Chuya River. They compose the 5–7 m high terrace, that is cut into the Chibit moraine. It has been established that the Chibit moraine is embedded into the Saldzhar superflood sequence. Therefore, the Saldzhar and Baratal outbursts are of different ages and scales.

**Keywords:** superfloods, moraine, Late Pleistocene, stratigraphy, Chibit glaciation

#### ACKNOWLEDGMENTS

The research was carried out with the financial support of the RSF (project No. 22-17-00140).

#### REFERENCES

- Agatova A.R., Nepop R.K., Carling P.A., Bohorquez P., Khazin L.B., Zhdanova A.N., and Moska P. Last ice-dammed lake in the Kuray basin, Russian Altai: New results from multidisciplinary research. *Earth-Science Reviews*. 2020. Vol. 205. 103183. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103183>
- Borisov B.A. Altai-Sayan Mountain region. *Stratigrafiya SSSR. Chetvertichnaya sistema. Polutom 2*. M.: Nedra (Publ.), 1984. P. 331–350. (in Russ.)
- Butvilovskiy V.V. *Paleogeografiya poslednego oledeneniya i golotsena Altaya: sobytiino-katastroficheskaya model* (Paleogeography of the Last Glaciation and Holocene of Altai: an event-catastrophic model). Tomsk: Tomsk University (Publ.), 1993. 253 p. (in Russ.)
- Deev E.V., Zol'nikov I.D., Kurbanov R.N., Panin A.V., Murray A., Korzhenkov A.M., Turova I.V., Pozdnjakova N.I., and Vasil'ev A.V. Age of the Sukor seismogenic landslide according to OSL dating: implications for paleoseismology and paleogeography of Gorny Altai. *Russian geology and geophysics*. 2022. Vol. 63. No. 6. P. 898–912. <https://doi.org/10.15372/GiG2021106>. (in Russ.)
- Devyatkin E.V. Cenozoic deposits and neotectonics of southeastern Altai. *Trudy geologicheskogo instituta. Iss. 126*. M.: Nauka (Publ.), 1965. 252 p. (in Russ.)
- Herget J. Reconstruction of Pleistocene Ice-dammed Lake Outburst Floods in Altai-mountains. *Special Paper of the Geological Society of America*. 2005. Vol. 386. 118 p. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2386-8.1>
- Herget J., Agatova A.R., Carling P. A., and Nepop R.K. Altai megafloods – the temporal context. *Earth Science Reviews*. 2020. Vol. 200. 102995. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102995>
- Novikov I.S., Mistrukov A.A., and Trefois P. Geomorphological structure of the Chuya intermountain depression (Gorny Altai). *Russian geology and geophysics*. 1995. Vol. 37. No. 10. P. 64–74. (in Russ.)
- Novikov I.S. and Parnachev S.V. Morphotectonics of Late Quaternary paleolakes in valleys and intermountain depressions of Southeastern Altai. *Russian geology and geophysics*. 2000. Vol. 41. No. 2. P. 227–238. (in Russ.)
- Okishev P.A. *Rel'efi oledenenie Russkogo Altaya* (Relief and glaciation of the Russian Altai). Tomsk: Tomsk University (Publ.), 2011. 382 p. (in Russ.)
- Panin A. and Baryshnikov G. The Chuya spillway upstream from Chibit town. *Russian Altai in the Last Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound. Fieldtrip Guide*. Barnaul: Publishers House of Altai State University (Publ.), 2015a. P. 112–114.
- Panin A. and Baryshnikov G. Old valley of Chuya – its age and mechanism of abandonment. *Russian Altai in the Last Pleistocene and the Holocene: Geomorphological catastrophes and landscape rebound. Fieldtrip Guide*. Barnaul: Publishers House of Altai State University (Publ.). 2015b. P. 115–119.
- Rakovec O.A. and Shmidt G.L. Quaternary glaciations of Gorny Altai. *Trudy Komissii po izuch. chetv. per. T. XXII. Stratigrafiya chetvertichnykh otlozhenii i noveishaya geologicheskaya istoriya Altaya*. M.: AN SSSR (Publ.), 1963. P. 5–31. (in Russ.)
- Reuther A.U., Herget J., Ivy-Ochs S., Borodavko P., Kubik P.W., and 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 <sup>10</sup>Be. *Geology*. 2006. Vol. 34. No. 11. P. 913–916. <https://doi.org/10.1130/G22755A.1>
- Reuther A.U. Surface exposure dating of glacial deposits from the last glacial cycle – evidence from the eastern Alps, the Bavarian Forest, the southern Carpathians and the Altai Mountains. *Relief Boden Palaeoklima*. 2007. 213 p.
- Rudoj A.N. Geomorphological effect and hydraulics of the Late Pleistocene jokullaups of glacial dammed lakes in southern Siberia. *Geomorfologiya*. 1995. No. 4. P. 61–76. (in Russ.)
- Rudoj A.N. Hydraulic characteristics and possible geochronology of Quaternary glacial superfloods in Altai. *Izvestiya RGO*. 2001. T. 133. Iss. 5. P. 30–41. (in Russ.)
- Svitoch A.A., Bojarskaja T.D., Voskresenskaja T.N., Glushankova I.I., Evseev A.V., Kursalova V.I., Paramonova N.N., Faustov S.S., and Horeev V.S. *Section of the latest deposits of Altai*. M.: Mosk. University Publ., 1978. 208 p. (in Russ.)
- Zolnikov I.D., Deev E.V., Panin A.V., Kurbanov R.N., Vasil'ev A.V., Pozdnjakova N.I., and Turova I.V. The age of the Chibitsky glaciation of Gorny Altai. *Doklady Earth Sciences*. 2021. Vol. 496. No. 2. P. 204–210. (in Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2686739721020225>
- Zolnikov I.D., Deev E.V., Nazarov D.V., and Kotler S.A. Comparative analysis of megaflood deposits and alluvium of the Chuya and Katun' river valleys (Gorny Altai). *Russian geology and geophysics*. 2015. Vol. 56. No. 8. P. 1483–1495. (in Russ.) <https://doi.org/10.15372/GiG20150807>
- Zolnikov I.D., Deev E.V., Rusanov G.G., Nazarov D.V., and Kotler S.A. New results of OSL-dating of Quaternary sediments of the upper Katun valley (Gorny Altai) and adjacent territory. *Russian Geology and geophysics*. 2016. Vol. 57. No. 6. P. 1194–1197.