

УДК 551.79

О ГЕНЕЗИСЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЯЛОМАНО-КАТУНСКОЙ ЗОНЫ ГОРНОГО АЛТАЯ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ КАТАФЛЮВИАЛЬНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТИПА

© 2024 г. Д. А. Застрожных^{1, 2, *}, А. С. Застрожных¹, В. С. Зыкин³, С. И. Ларин⁴,
Л. Е. Пестова¹, В. С. Зыкина³, С. Е. Голованов^{3, 5}

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
Санкт-Петербург, Россия

² Университет Осло, Отдел наук о земле, Осло, Норвегия

³ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Сибирское отделение Российской академии наук,
Новосибирск, Россия

⁴ Институт криосферы Земли Тюменского научного центра, Сибирское отделение Российской академии наук,
Тюмень, Россия

⁵ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: zastrozhe@gmail.com

Поступила в редакцию 28.06.2023

После доработки 24.02.2024 г.

Принята к публикации 02.03.2024 г.

Рассматриваются научно-методологические аспекты целесообразности введения нового термина “катафлювиальные отложения” в генетическую классификацию четвертичных образований. С этой целью были проведены полевые работы, направленные на изучение террасовых комплексов в пределах Яломано-Катунской зоны Горного Алтая, ставшей в последние десятилетия своеобразным полигоном для исследований гипотетических гляциальных суперпаводков. На основе собственных материалов и данных по другим регионам со схожими геологическими и физико-географическими условиями сделан вывод, что выделение отдельного генетического типа “катафлювиальный” в настоящее время следует считать необоснованным.

Ключевые слова: Горный Алтай, катафлювиал, суперпаводки, четвертичная геология, генетический тип, геологическое картографирование

DOI: 10.31857/S0869592X24060042, EDN: VZAKIU

ВВЕДЕНИЕ

Генетический тип является основополагающим элементом классификации четвертичных образований, теоретические основы которой были заложены еще в конце XIX в. А.П. Павловым (1888). В дальнейшем разработка генетической классификации нашла отображение в трудах целого ряда исследователей и научных коллективов. Наиболее известной и применяемой по сей день является система генетической классификации, предложенная Е.В. Шанцером (1966).

В современном определении (Геологический..., 2010) под генетическим типом понимается “комплекс генетически связанных

геологических тел (фаций), которые выделены главным образом по преобладанию того или иного геологического процесса, определившего способ накопления вещества, специфику условий его залегания и возникающих при этом аккумулятивных форм рельефа”. К настоящему моменту различными авторами и коллективами, на основе поступающих новых глобальных и региональных данных по изучению четвертичных образований, предлагаются значительные дополнения (например, Методическое..., 2005; Астахов, 2020) к классической генетической классификации Е.В. Шанцера. Стоит отметить, что если определение вещественных характеристик четвертичных отложений в целом не вызывает трудностей в геологической

практике, то генетические интерпретации порой являются предметом острых дискуссий.

Одним из наглядных примеров такой дискуссии в последние десятилетия стали стратиграфическое расчленение и генетическая интерпретация четвертичных отложений, выполняющих долины рек Чуя и Катунь в пределах Яломано-Катунской зоны Горного Алтая. Здесь четвертичные отложения слагают хорошо сохранившиеся в рельефе разновозрастные террасы (рис. 1) и входят в состав ининской и сальджарской толщ (Ефимцев, 1964), общая мощность которых достигает 250–300 м.

В последние несколько десятилетий многие исследователи (например, Бутвиловский, 1993; Рудой, 2005; Зольников, Мистрюков, 2008) четвертичных отложений Горного Алтая придерживаются модели их образования в результате прохождения по долине Чуи и Катунь катастрофических гигантских паводков при прорыве приледниковых озер, располагавшихся в Чуйской и Курайской котловинах (рис. 1а). На основе этой модели ими предлагается выделить новый генетический тип четвертичных отложений – “катафлювиальный” (Бутвиловский, 1993; Зольников, Мистрюков, 2008) или “дилювиальный” (Рудой, 1997). Однако ряд других исследователей состав и строение террас в Яломано-Катунской зоне объясняют либо озерно-аллювиальным происхождением (например, Зыкин и др., 2011, 2018; Зыкин, Зыкина, 2021), либо ледниковым (например, Окишев, 2011), а масштаб тех или иных паводковых циклов является дискуссионным даже среди сторонников катафлювиальной парадигмы (см. Парначев, 1999; Агатова и др., 2022). Необходимо особо подчеркнуть, что зачастую сущность данной дискуссии выходит за рамки научной этики и представляет собой непрекращающуюся “борьбу авторитетов”, где остается мало места для взвешенной и аргументированной фактологической критики возражений оппонентов (например, Окишев, 2003; Рудой, 2004, 2005). Подобная ситуация затрудняет предметный анализ огромного количества опубликованных материалов и является существенным препятствием для четкого понимания терминов и классификации форм рельефа и отложений Яломано-Катунской зоны, предложенных в рамках противоборствующих моделей.

В.В. Бутвиловский (1993), впервые предложивший новый генетический тип “катафлювиальный” для описания четвертичных отложений исследуемой территории, не приводит в своей

работе четкого определения предложенного им термина. Он перечисляет лишь набор типичных, по его мнению, катастрофических флювиальных аккумулятивных и эрозионных форм рельефа, к наиболее характерным из которых относятся “гигантская рябь, гигантские валы, “теневые” террасы, глыбовые шлейфы, водоворотные котловины, реликтовые водопады с котловинами под ними, эрозионные ущелья, рвы и ветвящиеся каньоны, выработанные в коренных породах (скэбленд)” (Бутвиловский, 1993).

А.Н. Рудой (1997) предлагалась несколько иная терминология, применимая к катастрофической модели развития региона, которую он разрабатывал в рамках своей “теории дилювиального морфолитогенеза”. Тип отложений и форм рельефа, сформированных в ходе катастрофических паводков, определяется им как “дилювиальный” (“потопный”). Перечисляя схожие аккумулятивные и эрозионные формы рельефа, предложенные В.В. Бутвиловским как индикаторы катастрофических паводков, А.Н. Рудой (1997) также обозначает и вещественные характеристики отложений, формирующихся в “дилювиальных” обстановках. К ним он относит “наклонно-слоеватые галечники, неокатанные ритмично-слоистые грубозернистые пески, щебень, дресву, дилювиальные эрратические валуны и глыбы”. И.Д. Зольников и Е.В. Деев (2013) к наиболее характерным индикаторам суперпаводков также относят сочетания в разрезе валунников с глыбами и параллельно-слоистых пескодресвяников с “дропстоунами”, которые, по их мнению, соответственно отвечают динамическим обстановкам влекомого и взвешенного наносов. Аномальные для аллювиальных обстановок мощности отложений, слагающих террасы в долинах рек Яломано-Катунской зоны, по мнению ряда авторов (например, Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников, Деев, 2013; Зольников и др., 2015), также являются прямым индикатором катастрофических паводков и лавинной аккумуляции обломочного материала.

Сама идея о существовании доисторических катастрофических паводков при прорыве огромных приледниковых озер значительно раньше была предложена и обоснована при изучении озера Мизула (Missoula), существовавшего в конце последнего ледникового периода в северо-западной части современной территории США (Bretz, 1925, 1969; Baker, 1973). Считается, что периодические прорывы запруд являлись причинами катастрофических наводнений, при

которых огромные водные массы с максимальным модельным расходом $10 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ (например, Benito, O'Connor, 2003) устремлялись вниз по течению р. Колумбия, формируя характерный

катафлювиальный рельеф (скэбленд) и отложения. На основе этих значений Бейкер (Baker, 2002) предлагает классифицировать паводки как катастрофические (или мега-, суперпаводки),

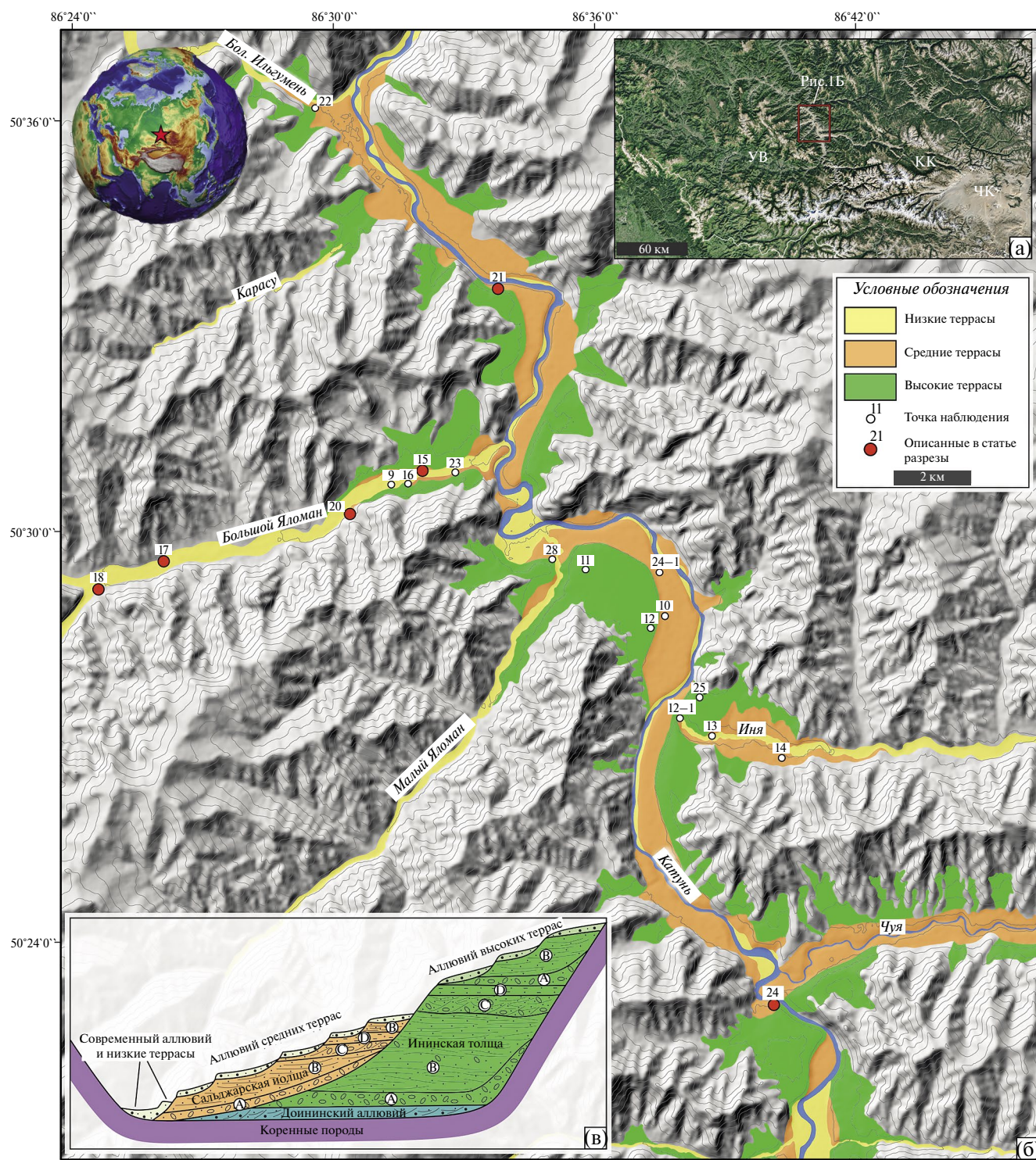


Рис. 1. Региональное положение (а), схема распространения (б) и строение террасовых комплексов (в) Яломано-Катунской зоны (по Зольников, Мистрюков, 2008; Савельева, 2019; с авторскими дополнениями).

УВ – Уймонская впадина, КК – Курайская котловина, ЧК – Чуйская котловина. А, В, С, D – элементы паводкового циклита (см. объяснения в тексте). Базовая карта: SRTM (NASA Shuttle Radar Topography Mission; Farr et al., 2007).

если они имеют пиковый расход более чем 10^6 м³/с. Колоссальные максимальные модельные расходы 18×10^6 м³/с были вычислены им с соавторами (Baker et al., 1993) и для катастрофических потоков при прорыве объединенного Чуйско-Курайского приледникового озера.

В то же время, не исключая возможный суперпаводковый этап эволюции Яломано-Катунской зоны, С.В. Парначев (1999) отмечает, что модельные оценки гидрологического режима “суперпаводков” на стадии их аккумулятивной деятельности “не превосходят или превосходят менее чем на порядок” гидрологические параметры современных речных потоков в их паводковые или половодные стадии. Учитывая эти факторы, отмечается “невозможность формирования в ходе катастрофических паводков отложений, принципиально отличных от аллювиальных” (Парначев, 1999).

Справедливо также отметить, что исследования, направленные на разработку альтернативных моделей генезиса четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны (озерно-аллювиальной, ледниковой или полигенетической), на сегодняшний момент в большей своей части фокусируются лишь на критике оппонентов, значительно проигрывая фактологическую и публикационную конкуренцию исследованиям в рамках катафлювиальной парадигмы. Это не в последнюю очередь связано с интригующей привлекательностью и актуальностью научных проектов и исследований по темам катастрофизма и быстротекущих изменений климата. Как результат, рядом исследователей уже ведется пересмотр существующей региональной стратиграфической схемы четвертичных отложений Алтае-Саянской области (Решения..., 1983) в рамках катафлювиальной парадигмы. На основании этого также предлагается внедрение понятия “катафлювиального” генетического типа (kf) в практику картографирования четвертичных образований, что уже осуществляется на примере листа М-45 (Гладышева, в печати), на площади которого и располагается Яломано-Катунская зона.

В 2021 г. Отделом четвертичной геологии и геоморфологии Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ) совместно с коллегами из Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН) и Института криосферы Земли (ИКЗ) Тюменского научного центра СО РАН проводились полевые работы в пределах Яломано-Катунской

зоны в рамках проекта по актуализации карты четвертичных образований территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 (Застрожнов и др., 2010). Основной целью этих исследований была оценка предлагаемых изменений в классификации генетических типов четвертичных отложений. В данной работе (1) приводятся полученные в ходе исследований полевые наблюдения и данные абсолютного датирования; (2) критически рассматривается генетическая типизация изученных четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны в рамках широко принятой катафлювиальной модели; а также (3) обсуждаются возможности ее унифицированного применения при изучении и картографировании четвертичных отложений в других регионах страны.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЯЛОМАНО- КАТУНСКОЙ ЗОНЫ

Яломано-Катунская зона расположена в бассейне среднего течения р. Катунь и нижнего течения р. Чуя (рис. 1) и пространственно соответствует Яломанской впадине, сформировавшейся в ходе тектонических опусканий в четвертичное время, согласно Б.М. Богачкину (1967). В последующих работах обоснованность выделения Яломанской впадины была подвергнута сомнению (например, Окишев, 1974; Богачкин, 1981; Парначев, 1999). Тем не менее в последних публикациях (Деев и др., 2015; Деев, 2019) вновь доказывается тектоническая валидность Яломанской впадины и ее приуроченность к южной части Катунского разлома — активной структуре, в пределах которой задокументированы исторические и современные землетрясения (Тверитинова и др., 2023).

Яломанская впадина представляет собой субмеридионально вытянутый участок долины р. Катунь протяженностью 43 км и шириной до 3 км, ограниченный по бортам долины сбросовыми разломами (Деев и др., 2015). При этом серия оперяющих разломов дренируется правыми и левыми притоками р. Катунь (рр. Чуя, Большой и Малый Яломан, Иня и др.). Впадина заполнена мощным комплексом (250–300 м) плейстоцен-голоценовых отложений, главным образом слагающих три основные высотные серии террас. К ним относятся высокие (до 230 м над уровнем рек), средние (80–100 м) и низкие террасы (до 10 м) (рис. 1б, 1в). Комплексы высоких и средних террас сложены в целом фациально схожими отложениями ининской

и сальджарской толщ (рис. 1в), генезис и возраст которых до сих пор являются предметом неразрешимой дискуссии. Отложения ининской толщи, слагающие комплексы высоких террас, представлены чередованием пачек преимущественно темно-серых параллельно-слоистых пескодресвяников со слоями и линзами темно-серых неравномерно окатанных галечников и слоями валунно-глыбовников (Бутенко, 2001; Зольников, Мистрюков, 2008). Комплекс средних террас выполнен чередованием галечников, валунно-глыбовников, песков и алевроитов сальджарской толщи (Бутенко, 2001). Низкие же террасы сложены молодым аллювием, врезанным в средние террасы.

Исследователями (Парначев, 1999; Зольников, Мистрюков, 2008; Carling, 2013) отмечается цикличность в последовательности литогенетических разновидностей отложений ининской и сальджарской толщ, объясненная многократным прохождением катастрофических паводков по долинам рр. Чуя и Катунь и являющаяся, по мнению этих авторов, диагностическим признаком катафлювиальных отложений. В строении типового “суперпаводкового циклита” участвуют четыре элемента (снизу вверх) (рис. 1в), при этом в разрезах необязательно наличие всех фаций:

А — селевая фация, представленная грубообломочным неокатанным песчано-щебнисто-глыбовым неслоистым материалом; считается, что она формируется в начале катастрофического паводка при прохождении селея, который захватывает коллювиальные образования (включая крупные глыбы) с бортов долин;

В — “пойменная” фация параллельно-слоистых, наклонно- и горизонтально-слоистых дресвяников, являющихся “визитной карточкой” катафлювиальных отложений Яломано-Катунской зоны; формирование отложений “пойменной” фации объясняется осаждением взвешенного материала при падении скорости течения паводкового потока;

С — “русловая” фация самоотмостки и гряд, представленная сортированным и окатанным валунно-галечным материалом часто с косой слоистостью, который нередко с эрозионным контактом залегает на дресвяниках “пойменной” фации; эти отложения образуются на стадии спада паводка до уровня горной реки;

Д — фация озерных образований, венчающая разрез паводкового циклита и представленная алевроито-песчанистыми варвитоподобными

отложениями, сформированными в обстановках вторично-подпрудных озер при запруживании паводковыми отложениями долин притоков.

Обломочный материал ининской и сальджарской толщ представлен местными дочетвертичными породами, слагающими основания, борта и водоразделы долин Яломано-Катунской зоны (Зольников, Мистрюков, 2008; Зыкин и др., 2016). Осадочные породы представлены среднекембрийско-раннеордовикскими флишоидами горноалтайской серии, на которых выше несогласно залегают ордовикские алевролиты, песчаники, известняки и конгломераты ануйской серии, которые, в свою очередь, согласно перекрываются нижнесилурийскими карбонатно-терригенными образованиями громатухинской серии (Федак и др., 2011). Отложения горноалтайской серии интенсивно деформированы, кливажированы и метаморфизованы до зеленосланцевой фации, в то время как ордовикско-девонские отложения ануйской и громатухинской серий в целом менее дислоцированы и кливажированы и частично метаморфизованы/рассланцованы в пренит-пумпеллитовой фации (Федак и др., 2011). Интрузивные образования представлены позднедевонскими гранитоидными массивами и мелкими дайками габброидов усть-беловского комплекса и позднедевонско-каменноугольными гранитами боровлянского комплекса.

МЕТОДИКА

В ходе полевых работ 2021 г. в пределах Яломано-Катунской зоны нами было изучено более 20 разрезов четвертичных отложений (рис. 1б). В данной работе приводятся результаты работ по следующим ключевым объектам (табл. 1):

- серия разрезов вдоль р. Большой Яломан, от ее впадения в р. Катунь и до с. Большой Яломан;
- разрез Песчаная стена на левом берегу р. Катунь на федеральной трассе “Чуйский тракт”;
- разрез Мост в 800 м выше слияния рр. Чуя и Катунь, на левом берегу р. Катунь.

На этих разрезах были проведены детальные литолого-стратиграфические описания отложений, относимых предшественниками к ининской и сальджарской толщам, изучены их структурно-текстурные особенности и отобраны пробы на ОСЛ-датирование. Полевая документация велась в мобильном приложении Sherpa, разработанном ВСЕГЕИ (https://vsegei.ru/ru/info/normdocs/prog_ggk200-ggk1000/sherpa/).

Таблица 1. Положение и координаты основных изученных разрезов в пределах Яломано-Катунской зоны

Разрез	Положение	Широта	Долгота
Т.н. 20	Правый борт р. Б. Яломан, 4,6 км верх по течению от устья реки	50° 30' 17" с.ш.,	86° 30' 27.6" в.д.
Т.н. 17	Левый борт р. Б. Яломан, в 9,8 км верх по течению от устья реки, в 800 м на В от восточного края пос. Б. Яломан	50° 29' 34.4" с.ш.	86° 26' 12" в.д.
Т.н. 18	Правый борт р. Яломан, в 500 м на ЮЗ от места ее впадения в р. Б. Яломан, у западного края пос. Б. Яломан	50° 29' 9.3" с.ш.	86° 24' 42.5" в.д.
Песчаная стена (т.н. 21)	Левый борт р. Катунь, 687 км федеральной трассы "Чуйский тракт"	50° 33' 35.4" с.ш.	86° 33' 49.2" в.д.
Мост (т.н. 25)	Левый борт р. Катунь, 850 м выше впадения р. Чуя, рядом с автодорожным мостом	50° 23' 8.9" с.ш.	86° 40' 13.3" в.д.
Т.н. 15	Левый борт р. Б. Яломан, в 2,5 км верх по течению от устья реки	50° 30' 55.5" с.ш.,	86° 32' 6.9" в.д.

С помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Phantom 4 Pro+ были произведены фотограмметрические съемки разрезов, на основе которых были построены их трехмерные текстурированные модели в программе Agisoft Metashape (Руководство..., 2023). Геологическая интерпретация этих моделей осуществлялась в программе Lime (Buckley et al., 2019). Это дало возможность детально проследить картируемые подразделения и структуры вдоль разрезов, а также интерактивно и дистанционно осуществлять геологические измерения (мощности слоев, ориентировки слоистости). Массовые замеры ориентировок слоистости были использованы для определения направления транспортировки осадочного материала. В недавней работе (Freitas et al., 2021) показано, что измерения ориентировок слоистости, снятые с трехмерных моделей одного референтного объекта при разном разрешении и точности привязки модели, сопоставимы с полевыми замерами и находятся в пределах погрешности горного компаса. Розы-диаграммы ориентировок слоистости были построены в онлайн-приложении Visible Geology (<https://app.visiblegeology.com/>).

Датирование двух образцов методом ОСЛ проводилось в Лаборатории ОСЛ ВСЕГЕИ с помощью автоматизированной системы ТЛ/ОСЛ датирования Risø TL/OSL Reader DA-20 C/D и низкофонового спектрометра гамма-излучения на основе кристалла из чистого германия CANBERRA BE3825. ОСЛ-датирование проводилось по навескам кварца (90–180 мкм; протокол измерений SAR), значение влажности принималось за 15%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном разделе рассматриваются основные разрезы, изученные нами в ходе полевых работ, где вскрыты, по мнению сторонников катафлювиальной модели, типовые элементы паводкового циклита.

“Селевая фация паводкового циклита”. Разрезы вдоль р. Большой Яломан

Река Б. Яломан является левым притоком р. Катунь длиной около 40 км. Считается, что в нижнем течении реки распространены образования селевой фации паводкового циклита. Предполагается, что гипотетический мегапаводок магистральной долины древней Катунь мог заходить также вверх по долине р. Б. Яломан, аккумулируя грубообломочный материал, который теперь обнажается в левом и правом бортах долины (Зольников, Мистрюков, 2008).

Первое представительное обнажение (т.н. 20 на рис. 1б; БЯ-3 по И.Д. Зольникову и А.А. Мистрюкову (2008)) расположено в правом борту р. Б. Яломан, в 4,6 км вверх по течению от ее устья, на выходе из крупной боковой долины временного водотока, примыкающей к борту реки с восток-юго-востока (рис. 2д, 2е). Обнажение вытянуто на 240 м с севера на юг вдоль дороги на пос. Б. Яломан (рис. 2а, 2б). Оно расположено на уровне сальджарской террасы, его высота порядка 20 м, с абсолютной отметкой основания 740 м. Здесь обнажаются следующие слои (снизу вверх, рис. 2б):

1. Щебнедресвяник с многочисленными валунами, глыбами и отломами (до 2 м в поперечнике)

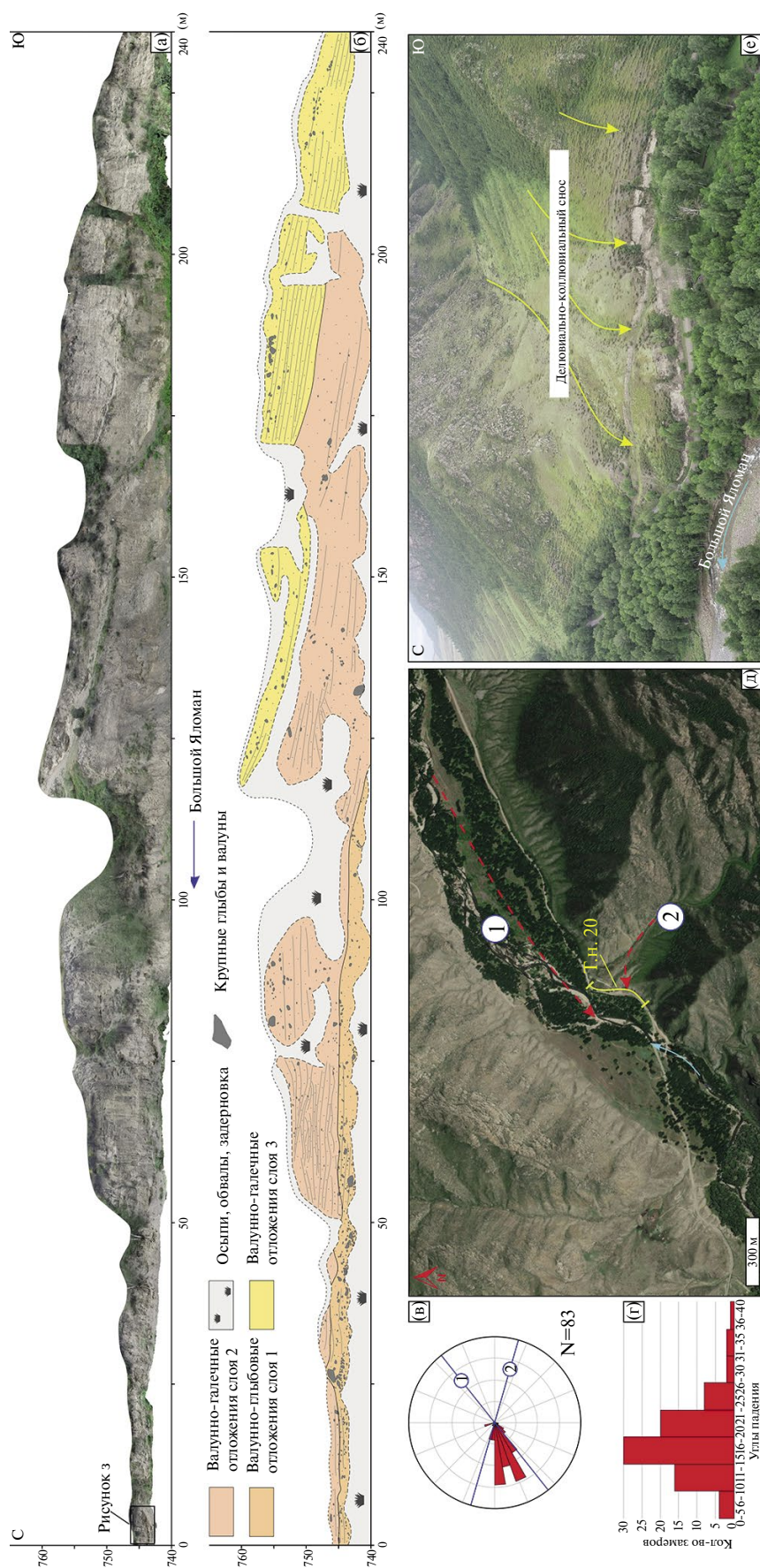


Рис. 2. Точка наблюдения 20 на р. Большой Яломан.

(а) — общий вид трехмерной модели т.н. 20 на р. Большой Яломан; (б) — ее геологическая интерпретация; (в) — общая роза-диаграмма ориентировок падений слоистости по слоям 2 и 3; (г) — частотная диаграмма углов падений слоев 2 и 3; (д) — спутниковая карта расположения т.н. 20 (источник: ArcGIS Imagery); (е) — общий вид т.н. 20 с БПЛА и предполагаемые направления транспортировки обломочного материала согласно полученным ориентировкам падения слоистости; (е) — общий вид т.н. 20 с БПЛА и предполагаемый источник обломочного материала по боковой долине временного водотока (делювиально-коллювиальный снос).

в супесчано-суглинистом матриксе, неявнослоистый (рис. 3). Мощность до 4 м.

2. На слое 1 с несогласием по эрозионной поверхности залегает щебнедресвяник темно-серый, параллельно-слоистый, с прослоями песков темно-серых (мощность до 1 м) и алевропесков (мощность 20–30 см) (рис. 3). В сравнении со слоем 1 количество крупных обломков значительно сокращается, однако в его верхней части на северном фланге разреза (60–80 м, рис. 2а, 2б) в параллельно-слоистую песчаную пачку врезаются неявнослоистые щебнедресвяники (мощностью до 5 м), по составу близкие к слою 1, с большим количеством крупных обломков. Мощность слоя 2 до 13 м.

3. Слой 3 срезает слой 2 и представлен ритмичным переслаиванием щебнедресвяников темно-серых, серых (мощностью 30–50 см) и алевропесков желтовато-серых (мощностью 10–20 см, до 30 см). В щебнедресвяниках многочисленны крупные обломки (валуны и глыбы 30–50 см в поперечнике, редко до 1 м). Мощность слоя 3 до 9 м.

Примечательно, что мощности отложений максимальны в центральной части обнажения и приурочены к оси боковой долины временного

водотока, тогда как на флангах разреза мощности уменьшаются (рис. 2б, 2е). Направления падения слоистости слоев 2 и 3 преимущественно ЗЮЗ (230°–270°), противоположные направлению течения р. Б. Яломан, со средними углами падения 10°–20°, редко до 30°–35° (рис. 2в–2д).

Следующее обнажение (т.н. 17 на рис. 1б, БЯ-4 по И.Д. Зольникову и А.А. Мистрюкову (2008)), где, согласно И.Д. Зольникову и А.А. Мистрюкову (2008), вскрываются отложения “селевой фации”, расположено в левом борту р. Б. Яломан, в 9,8 км вверх по течению от устья реки, в 800 м на восток от восточного края пос. Б. Яломан (рис. 4д). Обнажение вытянуто с запада на восток вдоль левого берега реки более чем на 1 км, его восточный край расположен около автомобильного моста. Высота обнажения достигает 15–20 м, абсолютная отметка основания 820 м. В непосредственной близости от обнажения, к долине р. Б. Яломан с северо-северо-запада примыкают несколько небольших боковых долин временных водотоков (рис. 4д). Нами детально изучался восточный край обнажения протяженностью около 200 м (рис. 4а, 4б). Здесь снизу вверх вскрыт следующий разрез (рис. 4б):

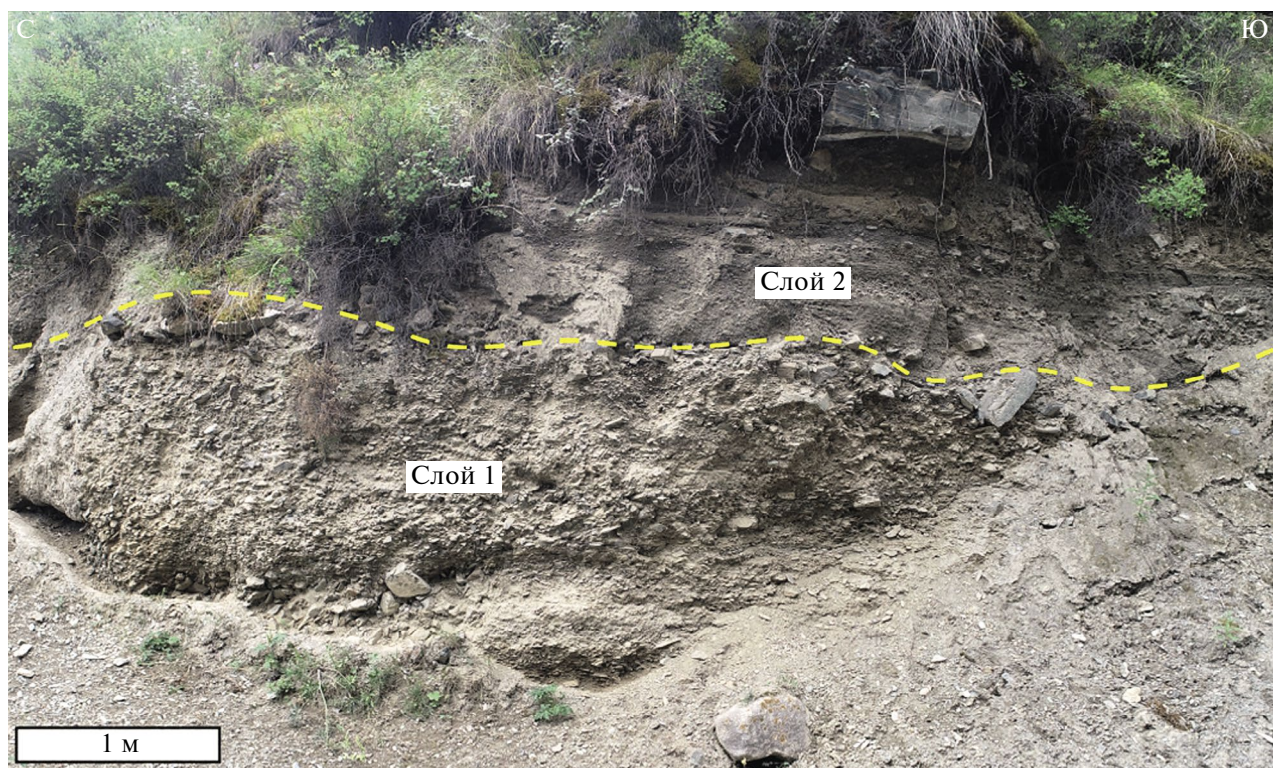


Рис. 3. Грубообломочные отложения слоев 1 и 2 на северном фланге т.н. 20.

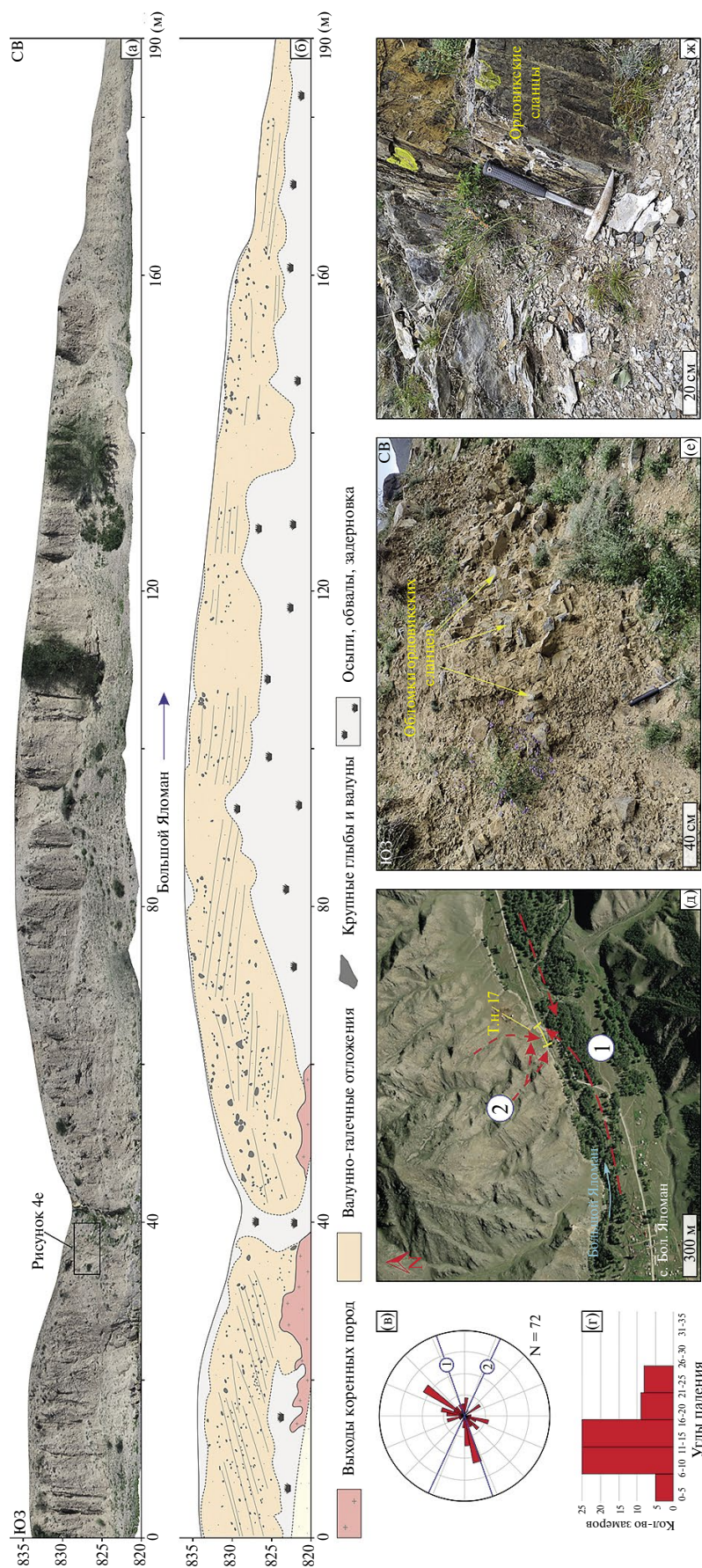


Рис. 4. Точка наблюдения 17 на р. Большой Яломан.

(а) — общий вид трехмерной модели т.н. 17 на р. Большой Яломан; (б) — ее геологическая интерпретация; (в) — общая роза-диаграмма ориентировок падений слоистости в отложениях т.н. 17; оси 1 и 2 (синие линии) — ориентировки долины и боковой долины временного водотока в ее левом борту соответственно (отмечены номерами на рис. 4д); (г) — частотная диаграмма углов падений слоистости отложений в т.н. 17; (д) — спутниковая карта расположения т.н. 17 (источник: ArcGIS Image); красные пунктирные стрелки — предполагаемые преимущественные направления направления транспортировки обломочного материала согласно полученным ориентировкам падения слоистости; (е) — типичные грубообломочные отложения, вскрывающиеся в т.н. 17; (ж) — коренные выходы ордовикских сланцев ануийской серии и их обломки в левом борту р. Б. Яломан в районе т.н. 17.

1. От уреза реки, возвышаясь над ним на 1–5 м, выходят ордовикские алевролиты-известковистые сланцы ануйской серии.

2. Облекая их, залегает пачка глыбо-галечно-валунного материала в супесчано-суглинистом матриксе бежевого цвета, с выраженной субпараллельной наклонной слоистостью. Крупнообломочный материал не сортирован, обломки неокатанные, размер крупных глыб до 80 см в поперечнике (рис. 4е). Плоские обломки залегают параллельно слоистости. Состав обломков местный (рис. 4е, 4ж; см. также Зольников, Мистрюков, 2008) – ордовикские сланцы ануйской серии. Предшественниками отмечаются редкие пришлифованные ледогранники (Зольников, Мистрюков, 2008). Встречаются песчано-глинистые линзы протяженностью до 2 м и мощностью до 0.3 м. Видимая мощность слоя 2 до 13 м.

Ближе к западному краю обнажения, верх разреза слагают уже коренные породы, и слой 2 причленяется к ним узким фрагментом до бечевника. Кроме того, отложения, аналогичные слою 2, залегают и выше, выполняя структурную террасу между двумя выступами коренных пород. Там же лежит масса обломков неокатанных плит сланцев ануйской серии, наклоненных вниз по склону.

Направления падения слоистости слоя 2, полученные для изученной части разреза, показывают в целом широкий диапазон с доминирующими ориентировками на СВ (20°–40°) на его восточном фланге, которые сменяются на ЗЮЗ падения (270°–240°) ближе к западному флангу (рис. 4б, 4в). Углы падения слоистости преимущественно слабонаклонные (5°–15°) (рис. 4г).

Считается, что т.н. 17 – самая верхняя по течению р. Б. Яломан точка распространения отложений селевой фации (Зольников, Мистрюков, 2008). Тем не менее еще одно примечательное обнажение (т.н. 18 на рис. 1б) расположено выше по течению, в правом борту р. Яломан, в 500 м на ЮЗ от места ее впадения в р. Б. Яломан, у западного края пос. Б. Яломан (рис. 5д). Обнажение вытянуто с севера на юг вдоль берега реки на 100 м, высота обнаженной части порядка 12 м (рис. 5а, 5б). В северной части (30–40 м) оно пересекается промоиной, выходящей из крупной боковой долины временного водотока СЗ–ЮВ простирания (рис. 5д). Здесь вскрываются отложения, в целом аналогичные представленным в предыдущих разрезах “селевой фации”: глыбо-галечно-валунный материал (до 1.5 м в поперечнике) несортированный, неокатанный,

неявнослоистый (рис. 5е), редко слоистость подчеркнута прослоями желтовато-серых песков и алевропесков (мощностью 10–15 см). Углы падения слоистости субгоризонтальные (0°–5°) до слабонаклонных (6°–15°), ориентировки падения преимущественно ЗЮЗ (260°–270°), СВ (40°–45°) и В (90°–100°) (рис. 5в, 5г).

“Пойменная и русловая фации паводкового циклита”

Разрез Песчаная стена. Является одним из самых известных разрезов четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны в целом, в первую очередь ввиду его расположения вдоль федеральной трассы “Чуйский тракт”, в левом борту р. Катунь (т.н. 21, рис. 1б, 6в, 7а). Его протяженность около 600 м, высота обнаженной части достигает 44 м. Разрез вскрывает среднюю часть высокой “ининской” террасы (70 м над урезом реки), абсолютная отметка основания 735 м (рис. 6а–6в).

Этот разрез ранее описан целым рядом исследователей, наиболее полное описание дано И.Д. Зольниковым и А.А. Мистрюковым (2008) (разрез Катунский-6) и А.В. Паниным и др. (Panin et al., 2015a). Ознакомиться с нашей трехмерной моделью разреза Песчаная стена можно на онлайн-репозитории V3Geo (Buckley et al., 2022) (<https://v3geo.com>) по ссылке <https://v3geo.com/model/489>. В разрезе нами выделяются следующие основные слои (снизу вверх, рис. 6б):

1. В центральной части разреза (375–440 м, рис. 6б) над дорогой обнажаются валунно-галечники с падением слоистости преимущественно вниз по долине реки на ЗЮЗ (225°–285°) (рис. 7а, 7г). В нижней по течению реки части разреза (420–440 м, рис. 6а, 6б) наблюдается небольшой участок с обратными падениями слоистости вверх по долине на СВ (50°–70°) (рис. 6б). Углы падения слоев от слабонаклонных (5°–15°) до пологих (25°–35°) (рис. 7в). Встречаются валуны размером до 2.5 м в поперечнике (рис. 8а). Снизу вверх по разрезу уменьшается размерность валунно-галечного материала и все большую выраженность приобретает наклонная слоистость. Видимая мощность слоя до 14 м.

2. Второй слой, развитый примерно в той же части разреза, что и слой 1 (360–415 м; рис. 6б), выделяется по относительно постепенному уменьшению количества крупнообломочного материала, содержание которого также градиционно уменьшается вверх по слою, с переходом в пачку дресвяников слоя 3 (рис. 8б).

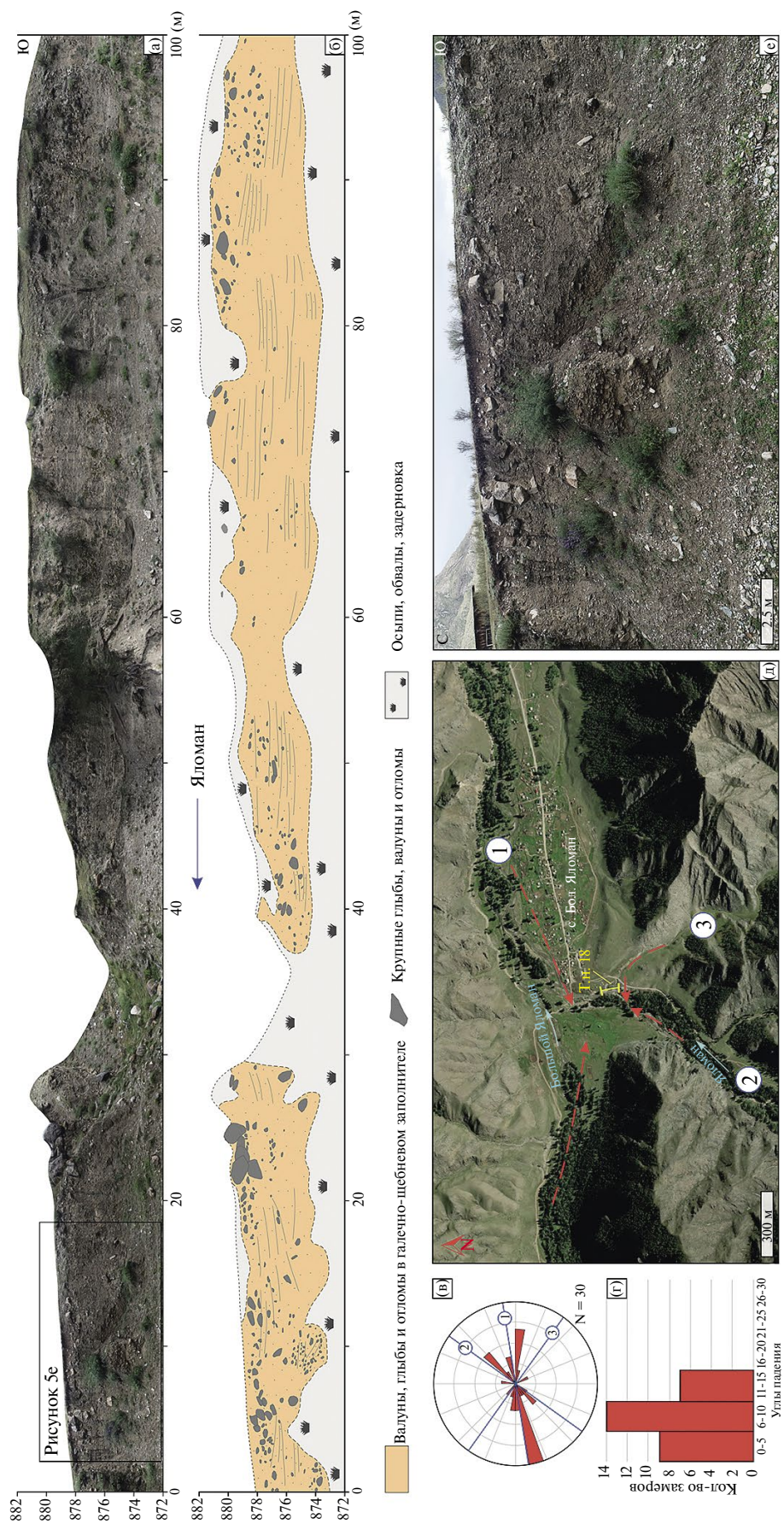


Рис. 5. Точка наблюдения 18 на р. Яломан. (а) — общий вид трехмерной модели т.н. 18 на р. Яломан; (б) — ее геологическая интерпретация; (в) — общая роза-диаграмма ориентировок падений слоистости в отложениях т.н. 18; оси 1, 2, 3 (синие линии) — ориентировки долин р. Большой Яломан, р. Яломан и крупной боковой долины временного водотока в ее правом борту соответственно (отмечены номерами на рис. 5д); (г) — частотная диаграмма углов падений слоистости отложений в т.н. 18; (д) — спутниковая карта расположения т.н. 18 (источник: ArcGIS Image); красные пунктирные стрелки — предполагаемые преимущественные направления направления транспортировки обломочного материала согласно полученным ориентировкам падения слоистости; (е) — типичные грубообломочные отложения, вскрывающиеся в т.н. 18.

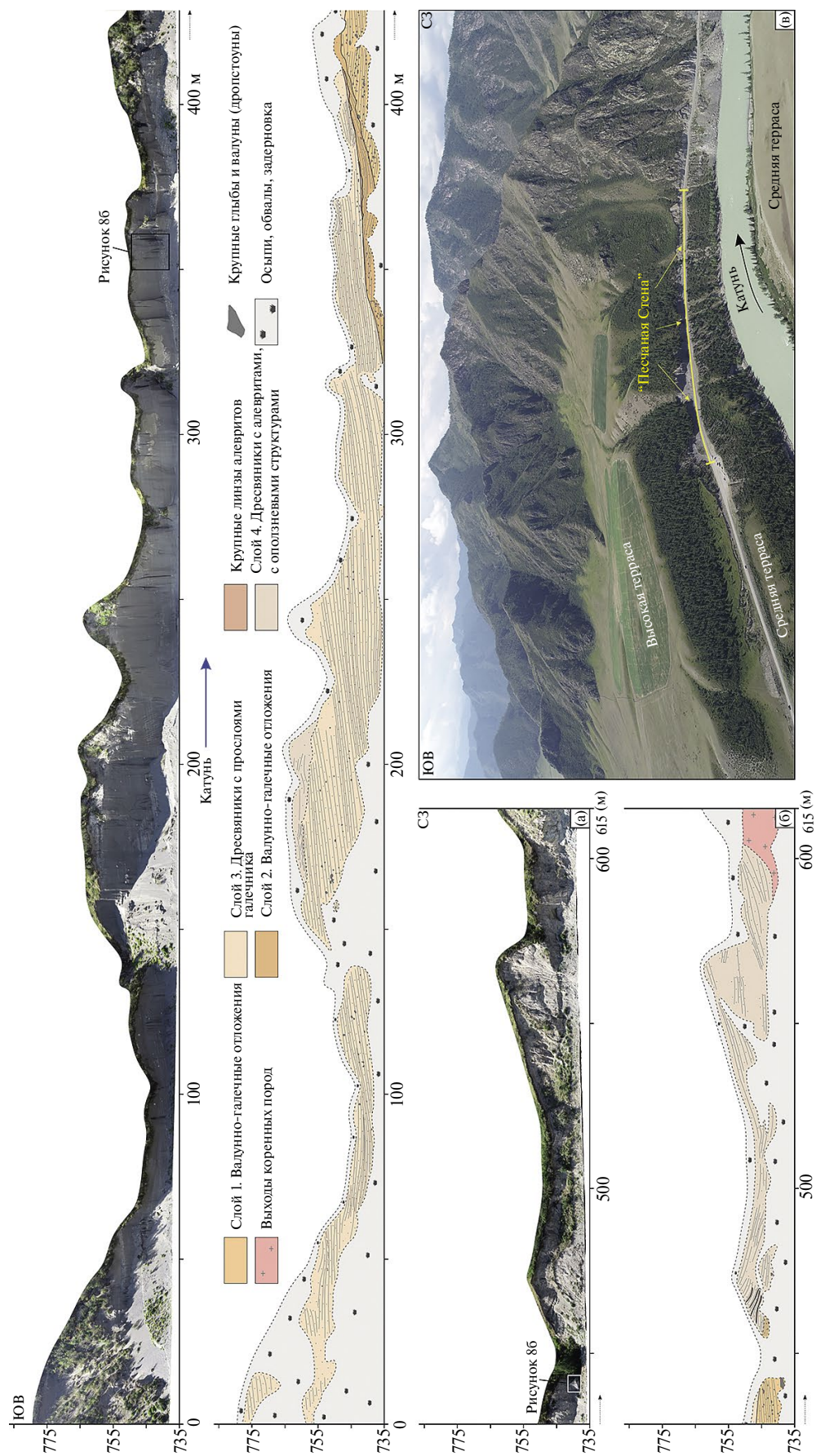


Рис. 6. Разрез Песчаная стена (т.н. 21). (а) — общий вид трехмерной модели разреза Песчаная стена (т.н. 21); (б) — ее геологическая интерпретация; (в) — общий вид разреза с БПЛА.

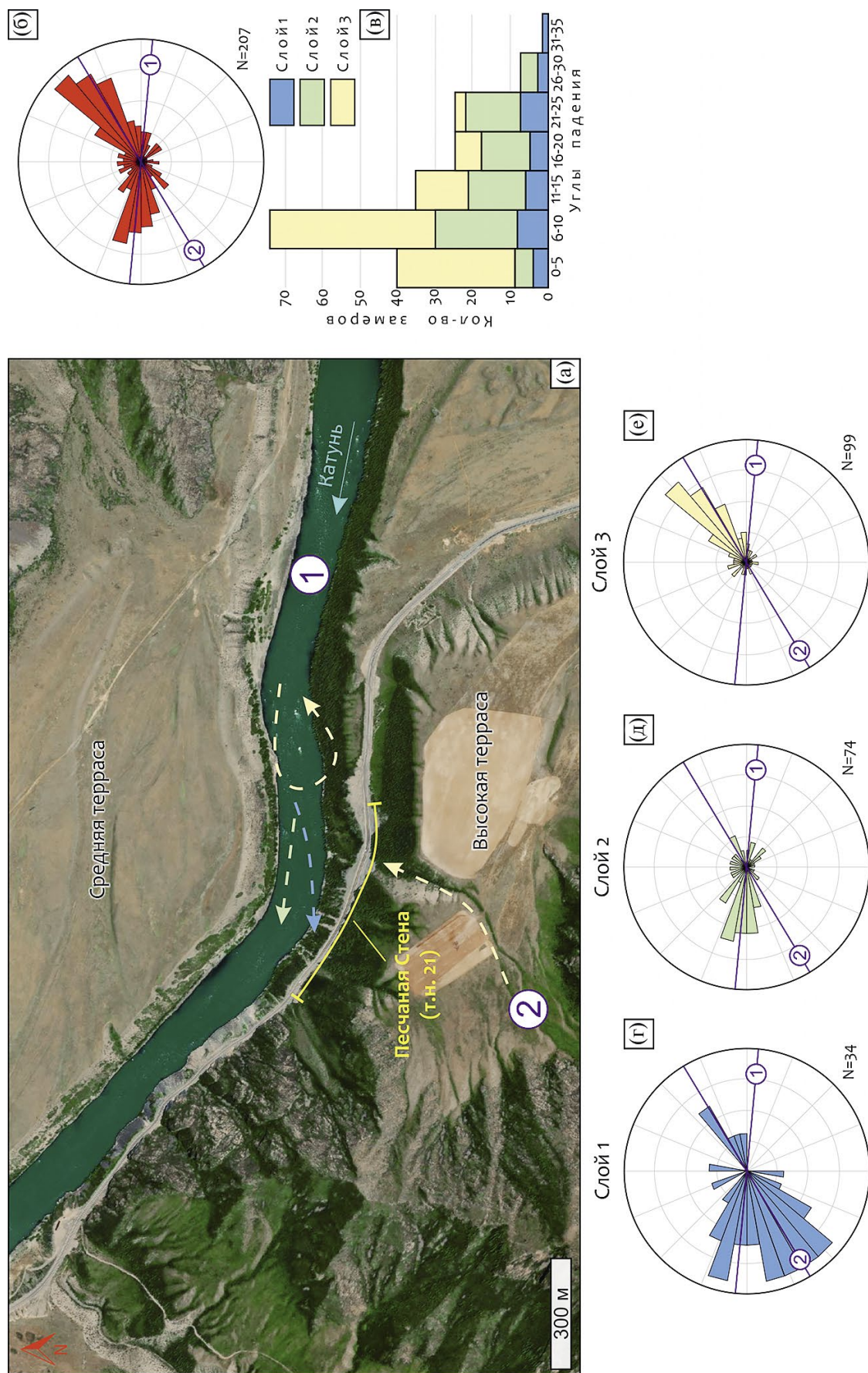


Рис. 7. Разрез Песчаная стена.

(а) — спутниковое изображение расположения разреза Песчаная стена (источник: ArcGIS Imagery); светло-зеленая и светло-желтая пунктирные стрелки — предполагаемые преимущественные направления транспортировки обломочного материала слоев 1, 2 и 3 соответственно, согласно полученным ориентировкам падений слоистости; (б) — общая роза-диаграмма ориентировок падений слоистости в слоях 1, 2 и 3; оси 1 и 2 (синие линии) — ориентировки долины р. Катунь и небольшой боковой долины временного водотока в ее левом борту соответственно (отмечены номерами на рис. 7а); (в) — частотная диаграмма углов падений слоистости в слоях 1, 2 и 3; (г) — роза-диаграмма ориентировок падений слоистости слоя 1; (д) — роза-диаграмма ориентировок падений слоистости слоя 2; (е) — роза-диаграмма ориентировок падений слоистости слоя 3.

Венчают слой 2 линзы алевритов (мощность до 70 см, длина до 17 м). Как и в слое 1, доминирующие направления падения слоистости ЗЮЗ со слабонаклонными и пологими углами падений (от 5° до 30°) (рис. 7а, 7д). Видимая мощность слоя до 5.2 м.

3. Серые дресвяники с прослоями и линзами галечников (мощность до 2–3 м) и/или песков в основании. Слоистость преимущественно субпараллельная субгоризонтальная и слабонаклонная с отдельными косыми сериями (рис. 6б, 8б). Падения слоистости направлены в сторону долины Катунь на СВ (40° – 60°) (рис. 7а, 7е). Присутствуют многочисленные валуны и глыбы (до 1 м в поперечнике). Слой 3 составляет основную, верхнюю часть разреза. Видимая мощность слоя до 44 м.

4. Дресвяники, переслаивающиеся с алевритами, со складками оползания. Слой развит преимущественно в нижней по течению части разреза (рис. 6б). Видимая мощность до 15 м.

Разрез Мост. Еще один изученный разрез, где вскрыты отложения пойменной и русловой фаций, но уже слагающие сальджарскую террасу, расположен на левом берегу Катунь, в 850 м выше впадения р. Чуя, рядом с автодорожным мостом (т.н. 24, рис. 1б, 9а). Здесь вскрывается разрез общей мощностью около 75 м (рис. 10), представленный переслаиванием щебнегалечников, дресвяников и валунно-галечников.

Слой 1, обнажающийся главным образом ниже по течению в левом борту боковой долины временного водотока, представлен выдержанными наклонно-слоистыми образованиями, а вышележащий слой 2 преимущественно горизонтально-слоистый, с невыдержанными прослоями с косой слоистостью (рис. 10б). В дресвяниках и галечниках встречены валуны и глыбы до 4–5 м в поперечнике (рис. 11). Для слоя 1 характерны слабонаклонные и пологие падения слоистости (10° – 30°), ориентированные вниз по долине р. Катунь (250° – 300°) (рис. 9а, 9в, 9г). Ориентировки падения слоистости отложений слоя 2 направлены вверх по долине, преимущественно на ЮВ (100° – 170°), с доминирующими субгоризонтальными и слабонаклонными углами падений слоев (рис. 9а, 9в, 9д). Видимая мощность слоя 1 до 53 м, мощность слоя 2 до 22 м.

Фация озерных образований

Отложения этой фации в Яломано-Катунской зоне описаны главным образом в долине р. Иня, правом притоке р. Катунь, где на уровне средних (сальджарских) террас вскрываются мощные прослои (до 4–5 м) параллельно-слоистых алевритов, переслаивающихся с галечниками и дресвяниками (Зольников, Мистрюков, 2008; Panin et al., 2015b). Формирование этих алевритов по модели “паводкового циклита” связывают с образованием подпрудного озера в долине р. Иня.

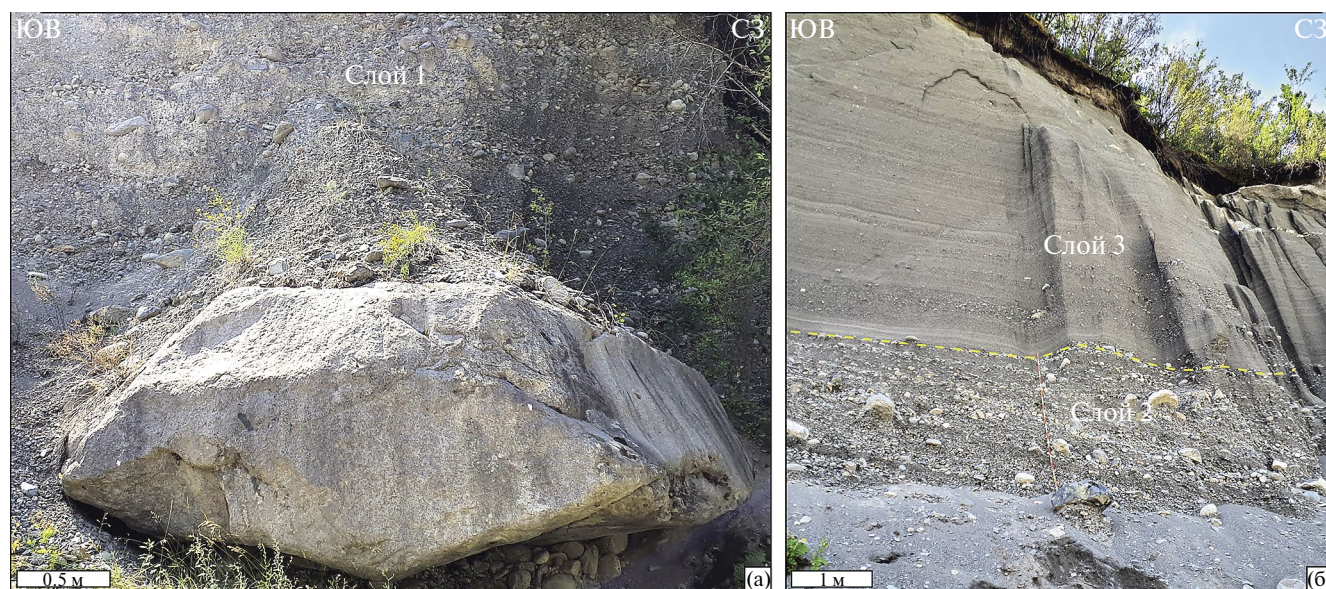


Рис. 8. (а) Крупная глыба в валунно-галечниках слоя 1 разреза Песчаная стена; (б) характер контакта валунно-галечников слоя 2 и дресвяников слоя 3.

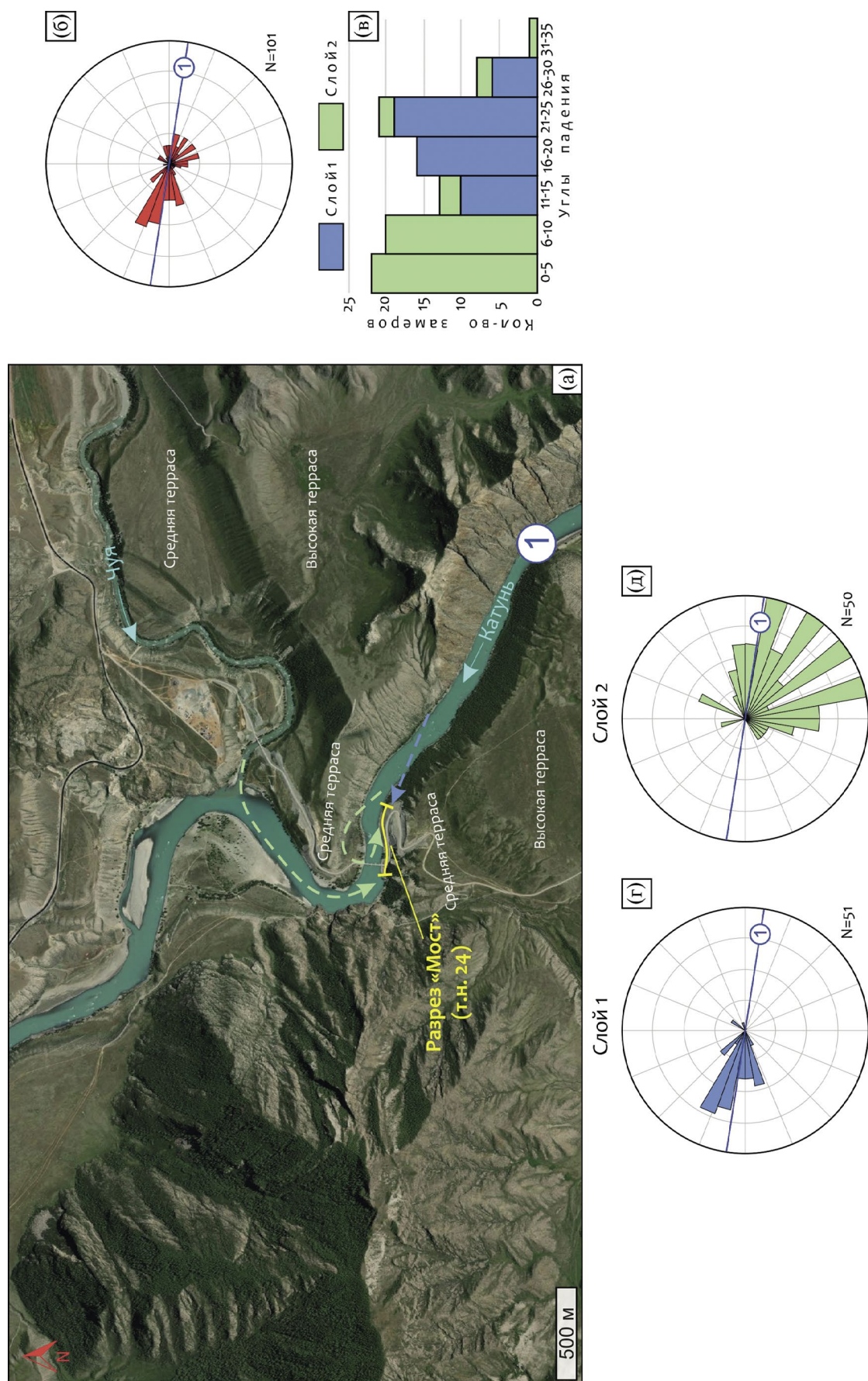


Рис. 9. Разрез Мост.

(а) – спутниковое изображение расположения разреза Мост (источник: ArcGIS Imagery); светло-синяя и светло-зеленые пунктирные стрелки – предполагаемые преимущественные направления транспортировки обломочного материала слоев 1 и 2 соответственно, согласно полученным ориентировкам падения слоистости; (б) – общая роза-диаграмма ориентировок падений слоистости в слоях 1 и 2; ось 1 (синяя линия, показана также на рис. 9г и 9д) – ориентировка долины р. Катунь (отмечена номером на рис. 9а) в районе разреза Мост; (в) – частотная диаграмма углов падений слоистости в слоях 1 и 2; (г) – роза-диаграмма ориентировок падений слоистости слоя 1; (д) – роза-диаграмма ориентировок падений слоистости слоя 2.

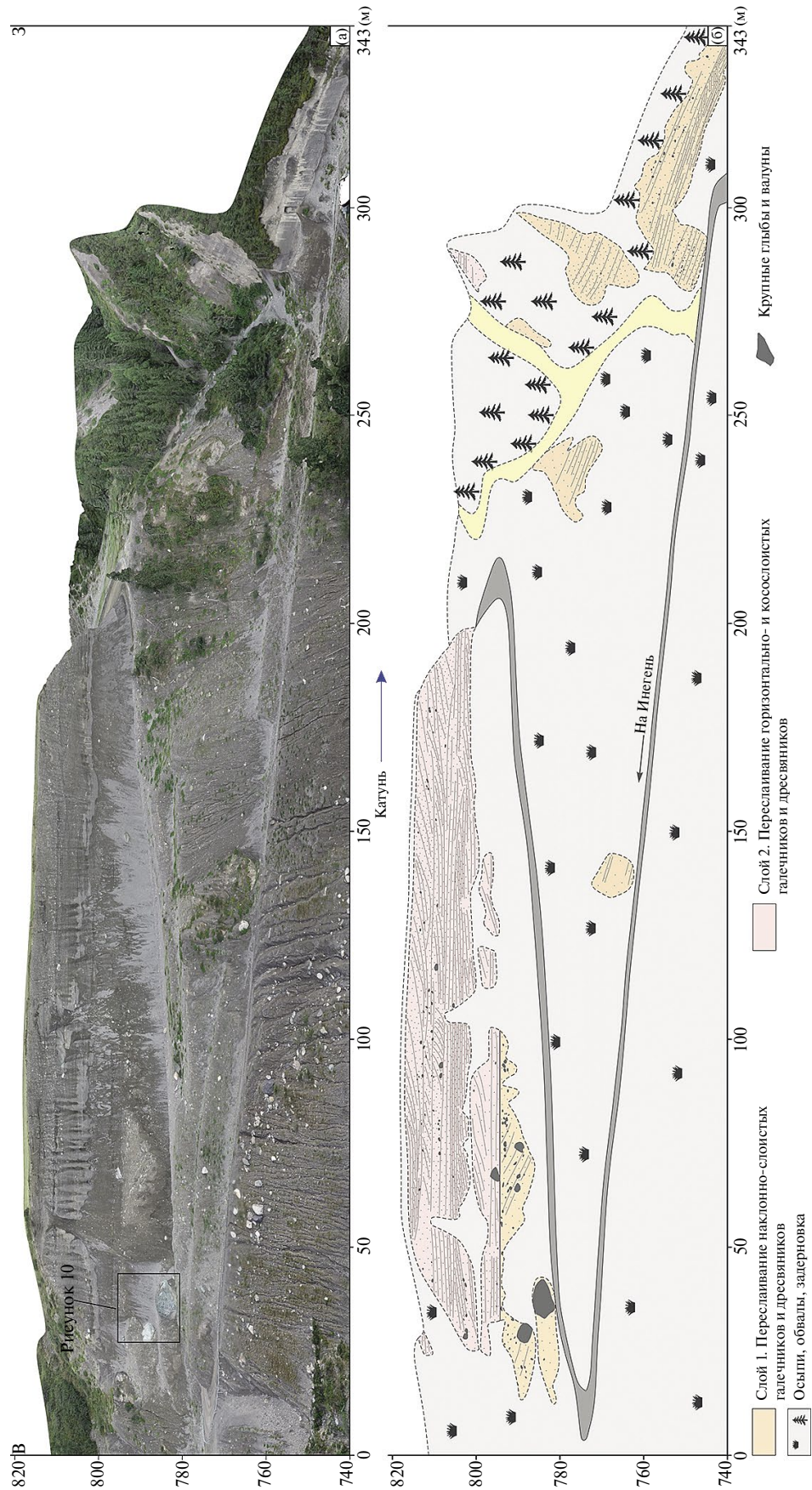


Рис. 10. (а) Общий вид трехмерной модели разреза Мост (т.н. 24) и (б) ее геологическая интерпретация.



Рис. 11. Крупная глыба в валунно-галечниках слоя 1 разреза Мост.

Нами же озерные образования изучались в низовьях р. Б. Яломан (т.н. 15, рис. 16), в ее левом борту, в 2.5 км вверх по течению от устья реки. Отметим, что предшественниками они здесь ранее не описывались. Обнажение вскрывает нижнюю часть салджарской террасы (высота бровки до 35 м от уреза реки). Оно вытянуто вдоль борта реки на 300 м, его высота до 30 м (рис. 12а, 12б). Трехмерная модель была построена только для верхней по течению части разреза, так как БПЛА-съемка нижней части была затруднена из-за развития тут небольшой пойменной роши. Здесь вскрывается следующий разрез (снизу вверх, рис. 12б):

1. Слой валунно-галечника с мелкой дресвяной фракцией (рис. 12б, 12е). Валунуны до 80 см в поперечнике. Видимая мощность 4.5 м.

2. Следующие 5 метров разреза скрыты склоновыми образованиями, далее вскрывается слой дресвяников параллельно-слоистых,

с прослоями галечников до 1 м с более выраженными косослоистыми сериями. Падения слойков преимущественно субгоризонтальные и слабонаклонные (до 10°) и ориентированы вниз по долине р. Б. Яломан на ВСВ (60° – 90°) (рис. 12в, 12г). Видимая мощность до 14 м.

3. Слой 3 врезается в слой 2 и представлен галечно-валунно-глыбовыми отложениями. Слоистость неявно выраженная, визуальна направлена вниз по течению р. Б. Яломан. Мощность до 2.5 м.

4. Слой 4 сложен дресвяно-галечными отложениями с тонкими прослоями алевритов (5 см); в нижней части слоя (первые 1.5 м) отложения деформированы в оползневые складки. Мощность до 3 м.

5. В нижней по течению и гипсометрически части разреза в слой 3 врезан слой бежевых алевритов, залегающих здесь на

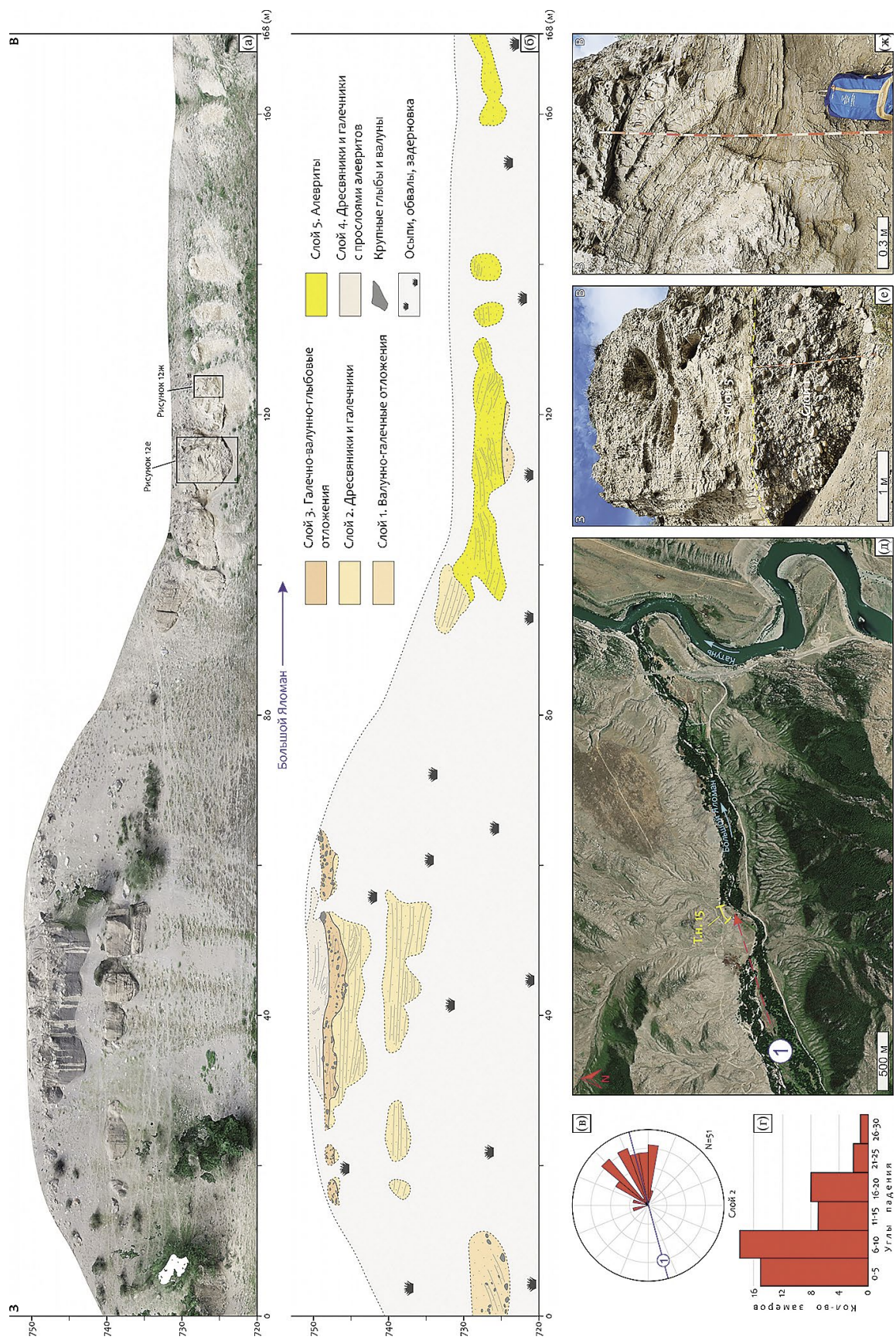


Рис. 12. Точка наблюдения 15 на р. Большой Яломан. (а) — общий вид трехмерной модели т.н. 15 на р. Большой Яломан; (б) — ее геологическая интерпретация; (в) — роза-диаграмма ориентировок падений слоистости слоя 2; ось 1 (синяя линия) — ориентировка долины р. Большой Яломан (отмечена номером на рис. 12д); (г) — частотная диаграмма углов падений слоистости слоя 2; (д) — спутниковое изображение расположения расположения т.н. 15 (источник: ArcGIS Imagery); красная пунктирная стрелка — предполагаемое преимущество направление транспортировки обломочного материала, восстановленное для слоя 2 по ориентировкам падения слоистости; (е) — контакт озерных алеуритов слоя 5 и валунно-галечников слоя 1; (ж) — складка оползания в озерных алеуритах слоя 5.

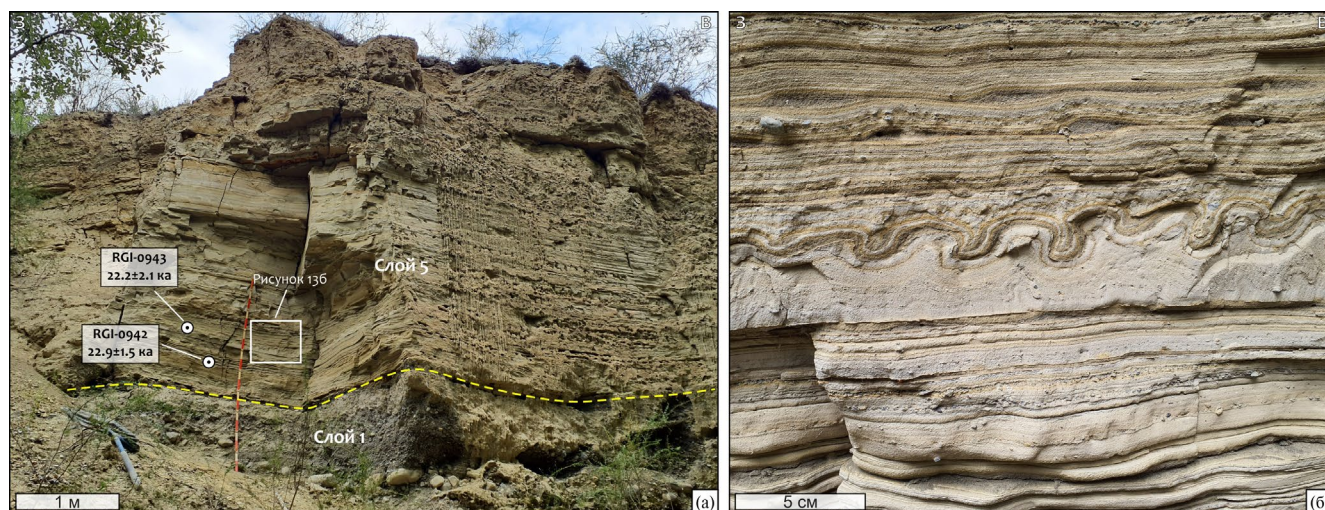


Рис. 13. (а) Мощная пачка горизонтально-слоистых озерных алевролитов слоя 5, обнаженная на восточном продолжении т.н. 15, и точки отбора проб на ОСЛ-датирование; (б) конволютная слоистость в озерных алевролитах.

валунно-галечниках слоя 1 (рис. 12б, 12е, 12ж). Алевролиты тонкослоистые, с многочисленными оползневыми структурами (рис. 12ж), линзами гравия и редкими дропстоунами. В 100 метрах ниже по реке в продолжении разреза алевролиты приобретают более выраженную горизонтальную варвитоподобную слоистость (рис. 13б), в некоторых прослоях отмечена конволютная слоистость с амплитудой микроскладок 2.5–3 см. Здесь по алевролитам получены две датировки ОСЛ: 22.9 ± 1.5 тыс. лет (RGI-0942; 30 см выше подошвы слоя) и 22.2 ± 2.1 тыс. лет (RGI-0943; 60 см выше подошвы слоя) (рис. 13а). Мощность слоя 5 до 4 м.

ОБСУЖДЕНИЕ

В данном разделе мы анализируем результаты наших исследований в контексте возможных генетических интерпретаций элементов так называемого “паводкового циклита”. Также мы оцениваем применимость ранее предложенных критериев определения катастрофических паводков в геологической летописи для практических целей геологических исследований.

О генетической интерпретации элементов “паводкового циклита”. “Селевая фация” в долине р. Большой Яломан

В ходе полевых работ установлено, что в долине р. Б. Яломан изученные участки развития “базальных” слоев паводкового циклита, связанного по катафлювиальной модели с так называемой “селевой фацией” начала прорыва приледниковых озер (Зольников, Мистрюков,

2008), пространственно приурочены к локальным конусам выноса боковых долин временных водотоков или причленяются к коренным бортам главной долины узкими фрагментами. Во всех разрезах отложения представлены неокатанным грубообломочным материалом местного происхождения (см. также Зольников, Мистрюков, 2008).

Для селевых отложений в целом характерны неявнослоистые или даже хаотичные текстуры (Перов, 2012). Тем не менее если слоистость и ее наклон в селевых отложениях можно задокументировать (например, в случае водокаменных селей, см. Перов, 2012), то этот наклон, так же как и в нормальных аллювиальных отложениях, будет указывать на направление переноса грубообломочного материала. И.Д. Зольников и А.А. Мистрюков (2008) в то же время отмечают, что в вещественно-текстурном плане селевые отложения могут быть неотличимы от склоновых. Характерно, что грубообломочные отложения в т.н. 18 (рис. 5), сходные по своему составу и облику с отложениями в т.н. 20 и 17 (рис. 2, 3, 4), уже не относят к участку распространения селевой фации (Зольников, Мистрюков, 2008), считая, что крупномасштабный паводок, проходивший по магистральной долине р. Катунь, не заходил в долину р. Б. Яломан более чем на 10 км (т.е. выше т.н. 17, рис. 1). Подобный вывод сделан на основе сопоставления высотных отметок высоких террас в устье р. Б. Яломан и т.н. 17 (Зольников, Мистрюков, 2008). Полученные нами разнонаправленные ориентировки падений слоистости грубообломочных

отложений в изученных участках р. Б. Яломан скорее характерны для делювиально-коллювиальных (“пролювиальных” по Шанцеру (1966)) вееров выноса по боковым долинам. В случае прохождения тут крупномасштабного паводка и, следовательно, при однонаправленной транспортировке материала, грубообломочные отложения обладали бы соответствующей преимущественной ориентировкой слоистости.

Мы считаем, что селевая и/или катафлювиальная природа изученных отложений в долине р. Б. Яломан за счет дальнего переноса огромных масс грязекаменного материала не может быть однозначно установлена. Местное происхождение обломков, приуроченность обнажений и повышенных мощностей отложений к выходам боковых долин, а также ориентировки слоистости скорее свидетельствуют о том, что изученные отложения были аккумулярованы в результате делювиально-коллювиального сноса на бортах долины с последующей незначительной водной обработкой. Склоновые грубообломочные отложения, не отличимые по своим вещественно-текстурным характеристикам от так называемой “селевой фации” р. Б. Яломан, можно наблюдать по всему Горному Алтаю вдоль конусов выноса боковых долин, распадков, ложбин и т.д.

“Пойменная и русловая фации”

С генетической интерпретацией “пойменной” и “русловой” фаций “катафлювиальных” отложений также возникает целый ряд затруднений. В определениях, данных в (Парначев, 1999; Зольников, Мистрюков, 2008), для “русловой фации” характерны окатанные валунно-галечные отложения, зачастую наклонно-слоистые, с транспортировкой обломочного материала вниз по долине. Тем не менее, попадая по своим вещественно-текстурным характеристикам под определение “русловой фации”, валунно-галечные отложения в основании разреза Песчаная стена (слой 1, рис. 7, 8) некоторыми исследователями неожиданно интерпретируются как “селевая фация” (Зольников, Мистрюков, 2008). Не приводя седиментологических аргументов в пользу такой интерпретации, авторы таким образом фактически стараются соблюсти предложенную ими же последовательность элементов “паводкового циклита”, где под пойменной и русловой пачками дресвяников и валунно-галечников должна залегать базальная пачка селевых отложений слоя 1, несмотря на то что под заданные определения она в данном случае не подходит. Учитывая, что в определении

“русловой фации” паводкового циклита указывается ее накопление при скоростях потока, сравнимых со скоростью обычной горной реки (Парначев, 1999; Зольников, Мистрюков, 2008), возникает логичный вопрос о целесообразности отнесения этого элемента к отложениям катастрофических паводков, а также о наличии в таком случае каких-то отличительных характеристик этих отложений от горного руслового аллювия как такового.

Подобное справедливо и для определения “пойменной фации” паводкового циклита. Отмечается (Парначев, 1999), что ее формирование происходит при падении скорости течения гигантского паводка и осаждении взвешенного материала (дресва, галька, “дропстоуны”). Однако такой же режим седиментации характерен и для классической пойменной фации горного аллювия, в определении которой, однако, отсутствуют заключения о масштабности половодных стадий (Чистяков, 1978). Тем не менее, принимая во внимание, что модельные гидрографы в нижних участках каналов сброса катастрофических паводков снижаются до значений, свойственных обычным половодьям, сформированные ими осадки не будут по определению принципиально отличаться от аллювиальных (Парначев, 1999).

В зависимости от интерпретации направления переноса обломочного материала, слагающего “пойменную фацию” циклита, также предлагается ряд альтернативных моделей. В своих построениях авторы (Herget, 2005; Bohorquez et al., 2019) предполагают, что паводковые воды, стекавшие вниз по долине р. Чуя и далее вниз по р. Катунь из Чуйско-Курайского озера, могли также заходить вверх по долине Катунь и частично заполнять Уймонскую впадину (рис. 1а). При падении уровня паводка эти водные массы устремлялись обратно по долине Катунь, образуя в том числе отложения, слагающие террасовые комплексы, описанные нами выше впадения р. Чуя (разрез Мост, т.н. 24, рис. 1, 9, 10, 11). Чтобы объяснить формирование террасовых комплексов Катунь выше впадения р. Чуя, другие модели (например, Бутвиловский, 1993; Зольников и др., 2016) подразумевают существование крупного подпрудного водоема в Уймонской впадине, при прорыве которого также могли формироваться суперпаводковые потоки. Однако обе модели пока не могут убедительно объяснить отсутствие комплекса высоких и средних террас выше субширотного поворота Катунь на Уймонскую впадину.

Наш анализ ориентировок падения слоистости отложений, вскрытых на уровне сальджарской террасы в разрезе Мост, показал, что дресвяно-галечный материал слоя 1 (рис. 9) аккумуляровался при переносе осадка вниз по долине Катунь. Направление падения слоистости маломощных слабонаклонных и косослоистых серий слоя 2 может указывать на перенос материала вверх по долине, однако в данном случае более вероятно формирование этих отложений за счет “обратных” течений в месте значительных изгибов русла реки (рис. 9). Ориентировки слоистости в “пойменных” ининских дресвяниках слоя 3 (рис. 7) в разрезе Песчаная стена свидетельствуют о переносе материала с левого борта долины к ее тальвегу либо также за счет обратных течений. Наклон ининских дресвяников к тальвегу долины, наблюдаемый В.С. Зыкиным с соавторами (2018) во многих разрезах Яломано-Катунской зоны, является, по их мнению, одним из критериев их накопления в озерных условиях, где обломочный материал поступал в долину с бортов водоема.

Ориентировки слоистости в дресвяно-галечных отложениях в т.н. 15 на р. Б. Яломан (слой 2, рис. 12) указывают на очевидный перенос обломочного материала вниз по реке. Если принимать катафлювиальную модель формирования толщ, то в таком случае также следует допускать либо прохождение паводка вверх по долине р. Б. Яломан и аккумуляцию дресвяно-галечников слоя 2 на стадии схода паводка, либо существование подпрудного водоема выше по течению реки с его последующим прорывом. С учетом того, что мы ставим под сомнение генетическую интерпретацию селевой фации в районе р. Б. Яломан и в целом прохождение тут крупных паводков, мы склоняемся к определению отложений слоя 2 как нормальных аллювиальных осадков.

И все же для более обстоятельного анализа тех или иных предположений по направлению переноса и условиям формирования обломочного материала требуется более обширная статистика замеров ориентировок слоистости отложений. В идеале эти замеры должны быть проведены во всех возможных фациях четвертичных и современных отложений Горного Алтая с установленным генезисом и сопоставлены с комплексами высоких и средних террас Яломано-Катунской зоны и окружающими геоморфологическими элементами.

Фация озерных образований

При интерпретации генетической принадлежности алевроитов фации озерных образований среди исследователей в целом наблюдается единодушие. Характерно, что эти озерные отложения развиты главным образом в сальджарской толще. Их мощность может достигать 4–5 м (рис. 13), что свидетельствует о том, что озерные фазы осадконакопления, разделявшие паводковые этапы, могли быть весьма продолжительными по времени (см. Агатова и др., 2023). В таком случае общий характер аккумуляции сальджарской толщи сложно признать лавинообразным.

О возрасте и строении террас Яломано-Катунской зоны

Хронология и продолжительность формирования ининской и сальджарской толщ до сих пор являются одними из наиболее дискуссионных вопросов (Агатова и др., 2022). В недавней публикации (Herget et al., 2020) обсуждались последние и ретроспективные данные абсолютных датировок катафлювиальных толщ Горного Алтая, полученных различными методами датирования. Авторы статьи отмечают, что значительная часть датировок ининской и сальджарской толщ так или иначе интерпретируется в источниках как малонадежные. Это в первую очередь связано с известными ограничениями методов абсолютного датирования четвертичных отложений. К тому же мы полагаем, что из-за сходства отложений стратиграфическая интерпретация ининской и сальджарской толщ в ряде разрезов может оказаться неверной, а полученные датировки затем не удовлетворяют изначальной возрастной модели исследователя и признаются недостоверными.

Кроме того, слабо изученными остаются собственно аллювиальные отложения (см. Агатова и др., 2022), слагающие, по модели И.Д. Зольникова и А.А. Мистрюкова (2008), цоколи верхних и средних террас (рис. 16). До сих пор достоверно не установлено количество террас и их принадлежность к тем или иным геологическим телам; неясно, являются ли террасы врезаемыми друг в друга, или они структурные по бронирующим отложениям пачек циклитов. Не всегда понятно и соотношение возрастов формирования поверхности террасы и осадков, их слагающих: одновозрастные они, или сформировались в разное время? Изучение отложений террас и их цоколей также осложняется вещественным сходством аллювиальных комплексов

и предлагаемых элементов катафлювиального циклита и, как следствие, недостатком четких критериев для их надежной генетической интерпретации.

Отсутствие на сегодняшний день общепринятых стратиграфических построений и хронологических моделей формирования четвертичных отложений Алтае-Саянской горной области привело к принципиальной дискуссии вокруг готовящейся новой региональной стратиграфической схемы (Агатова и др., 2022). Согласно хронологической модели (например, Зольников и др., 2016), положенной в ее основу, постледниковый и послесуперпаводковый этап в бассейне р. Катунь начался не позднее 80–90 тыс. лет назад. По этой модели сальджарская толща не моложе MIS4, а ининская сформирована в MIS6 или даже ранее. Однако эти положения не учитывают обширный набор абсолютных датировок, полученных для отложений сальджарских террас, свидетельствующих об их формировании в MIS2 в интервале от >14 до ~12 тыс. лет назад (Panin et al., 2015b; Herget et al., 2020; Агатова и др., 2022, 2023). Так, в бровке сальджарской террасы в разрезе Мост из песчаной линзы в слое 2 (рис. 106) А.Р. Агатовой с коллегами (2022) получены OSL-даты 15.9 ± 1.6 тыс. лет и 12.3 ± 1.3 тыс. лет, а последние датировки из грубообломочного материала сальджарской террасы в правом борту Катунь в 300 м ниже устья р. Инья дали возраст захоронения обломков от 16.7 до 21.4 тыс. лет (Semikolennykh et al., 2022). Наши датировки озерных алевроитов в низовье р. Большой Яломан (т.н. 15, рис. 13а) прекрасно коррелируются с датировками алевроитов “средней озерной пачки” из разреза сальджарской террасы в долине р. Инья (Carling et al., 2002; Panin et al., 2015b). На основании данных абсолютных датировок и вещественного состава сальджарской толщи А.Р. Агатова с коллегами (2022, 2023) также приходят к выводу, что формирование толщи происходило не вследствие одного суперпаводка, а постепенно, с перерывами и в ходе многократных крупных паводков. Учитывая, что масштабы таких крупных паводков нам неизвестны (только модельные расчеты), предложенные ранее “эволюционистские” модели формирования толщ Яломано-Катунской зоны вследствие обычных озерно-аллювиальных процессов в перигляциальных областях горных стран вновь привлекают к себе пристальное внимание (например, Зыкин и др., 2011, 2018; Зыкин, Зыкина, 2021).

Мощность ининской толщи — аномальная или нормальная для горного аллювия?

Если интерпретации степени “катастрофичности” в осадконакоплении сальджарской толщи различаются у сторонников катафлювиальной парадигмы, то ининская толща единодушно признается суперпаводковой. Один из главных критериев такой интерпретации — аномальные для обычных горных аллювиальных обстановок мощности отложений толщи и значительные превышения высоких ининских террас относительно уреза воды современной Катунь (до 230 м) (Зольников, Мистрюков, 2008; Зольников и др., 2015).

Однако отмеченные особенности не являются уникальными для аллювиальных комплексов горных стран. Одним из эталонных регионов, по которому были построены классические модели развития горного аллювия, является долина р. Зеравшан в Южном Тянь-Шане (Северный Таджикистан) (Чистяков, 1978; Макарова и др., 2008, 2011). Превышения высоких четвертичных террас в долине Зеравшана достигают 300–400 м над урезом реки, со сходной суммарной мощностью отложений (рис. 14). Развитие эрозионно-аккумулятивных стадий здесь объясняется цикличностью ледниковых и межледниковых климатических эпох и тектоническими подвижками и описывается последовательными фазами инстративного, субстративного, констративного и перстративного аллювия (например, Макарова и др., 2008, 2011). Интересно, что эти динамические фазы по своей цикличности и вещественному составу во многом соответствуют тому, что в рамках катафлювиальной парадигмы для Горного Алтая называют селевой, русловой и пойменной фациями паводкового циклита. Разница лишь в том, что для Зеравшана и в целом для горных рек в перигляциальных областях это определяется как нормальные стадии развития долины, при этом не отрицается существенная аккумулятивная и эрозионная роль селей и крупных паводков (например, Додонов, 1986; Макарова и др., 2008).

Еще более впечатляющим примером накопления мощной четвертичной толщи в предгорной области является свита Рухс-Дзуар на Кавказе, распространенная в межгорных областях Терско-Сунженской складчатой зоны, а также в Осетинской впадине (например, Кожевников, Милановский, 1984; Письменный, 2021). Свита охарактеризована фаунистически; ее накопление происходило с конца плиоцена по конец

эоплейстоцена в акчагыл-апшеронское время (Стеклов, 1966). Она представлена уже знакомыми нам циклами переслаивания аллювиальных песчаников, конгломератов, валунно-галечников и дресвяников, к которым примешиваются туфогенные образования. Мощность этих отложений достигает 2300 м. Повышенная мощность осадков объясняется совокупностью геологических факторов, связанных с тектонической активизацией, ускоренной денудацией рельефа и обильным привносом вулканического материала. Значительную роль в формировании отложений играли и крупные селевые потоки (Кожевников, Милановский, 1984; Белуженко, 2011), связанные, вероятно, с вулканическими извержениями, происходившими в ледниковой обстановке.

Также стоит отметить, что роль тектонического фактора в формировании отложений террас Яломано-Катунской зоны до сих пор остается неизученной, несмотря на последние публикации о существенной неотектонической активизации Катунского разлома, на продолжении которого располагается Яломанская впадина (Деев и др., 2015; Деев, 2019; Тверитинова и др., 2023). Предполагается, что в позднечетвертичное время разлом активизировался

как правый сдвиг, а серия грабенов на его простирании могла отвечать обстановкам присдвигового растяжения (пулл-апарт) (Тверитинова и др., 2023). Таким образом, Яломанская впадина могла представлять собой область значительного тектонического опускания, которая компенсировалась мощными комплексами отложений ининской и сальджарской толщ, что отсылает нас к ранним идеям Б.М. Богачкина (1967). Безусловно, в свете новых данных этот вопрос требует дальнейших подробных исследований.

О проявлениях эрозионной деятельности катастрофических паводков в Горном Алтае

Важным критерием геологической интерпретации катастрофических паводков являются проявления их крупномасштабной эрозионной деятельности. Тем не менее эрозионные формы, характерные для классического североамериканского скэбленда, в Горном Алтае отсутствуют. Учитывая огромные модельные расходы воды и объем перемещенного грубообломочного материала, отсутствие сколько-нибудь сопоставимых по масштабу эрозионных форм в пределах Яломано-Катунской зоны вызывает у ряда исследователей справедливую критику

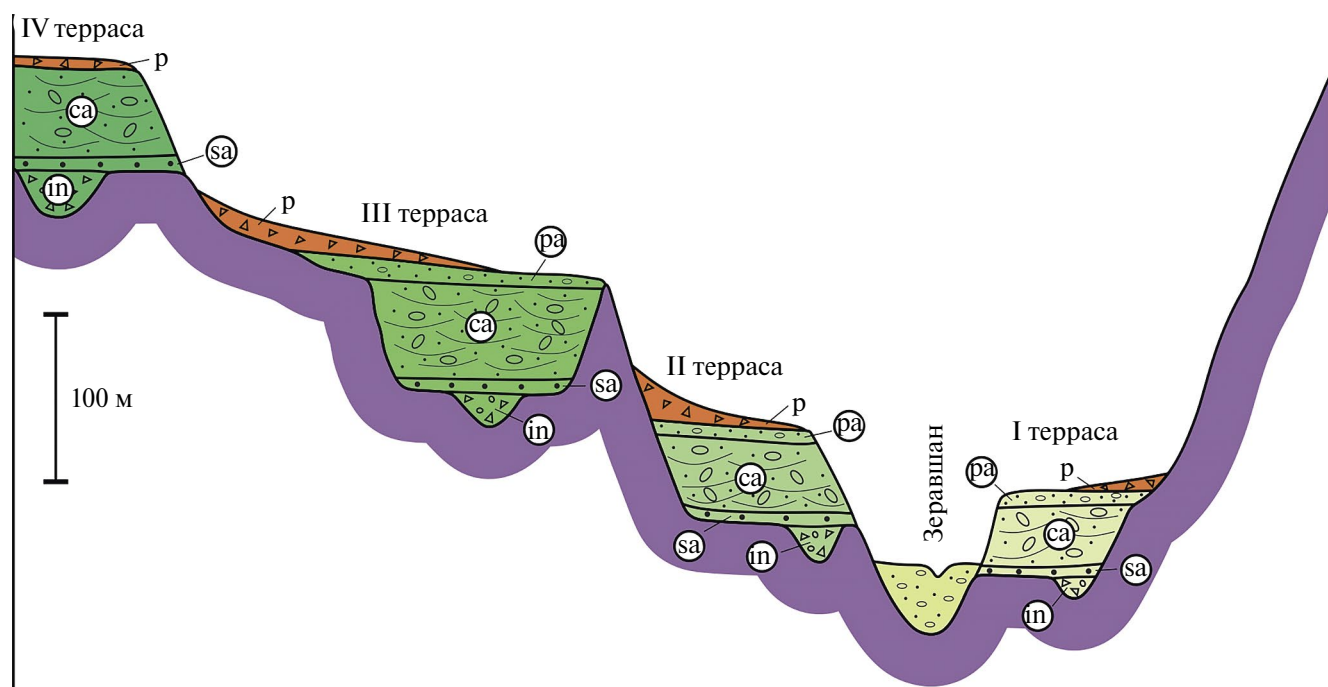


Рис. 14. Схема строения аллювиальных террас в долине р. Зеравшан (по Макарова и др., 2008, с изменениями). Динамические фазы аллювия: (in) — инстративный (талъвеговый), (sa) — субстративный, (ca) — констративный, (pa) — перстративный; p — пролувий.

положений катафлювиальной парадигмы (Окишев, Бородавко, 2001; Окишев, 2011). Ю. Хергет (Herget, 2005) в своей аргументации этого феномена предположил, что такой специфический слабоэрозионный катафлювиальный режим связан с некими особыми условиями окружающей среды Горного Алтая. Однако детального анализа режима эрозионной деятельности катастрофических паводков с учетом петрофизических и структурно-геологических характеристик коренных пород (плотность, прочность, трещиноватость и т.д.), слагающих борта и днища долин рр. Чуя и Катунь, до сих пор не проводилось.

Немногочисленные второстепенные формы, которые отмечены предшественниками (но нами не наблюдались) как возможные проявления эрозионной деятельности суперпаводков — реликтовые водопады, водобойные ванны и т.д. (Бутвиловский, 1993), вполне могут быть объяснены воздействием куда более скромных водотоков. Например, результаты исследования по р. Эсла в Испании показали, что за семь лет с 1933 по 1939 гг. в период прохождения крупных паводков излишками воды с расходом всего лишь 100–1500 м³/с, сброшенными через необлицованный водосброс водохранилища Рикобайо, в гранитном ложе долины был выработан каньон глубиной около 100 м (Anton et al., 2015). Авторы исследования на основе этого заключают, что суперпаводки не являются обязательной предпосылкой для крупных эрозионных явлений даже в механически прочных породах. Для сравнения расход Катуни в аккумулятивную (паводковую) стадию у устья р. Малый Яломан составляет не более 1500 м³/с (Seidl et al., 2023).

Помимо этого, в последних научных публикациях идет планомерный пересмотр существующих модельных расчетов для доисторических катастрофических паводков на основе анализа эрозионных форм. В работе (Van der Bilt et al., 2021) было сделано заключение, что предыдущие оценки расходов голоценовых паводков (йокульлаупов), прорезающих каньоны Исландии, возможно, были преувеличены в три раза (130 000 м³/с против 400 000 м³/с). Еще в одном исследовании (Larsen, Lamb, 2016) было показано, что пиковые расходы, полученные по модели предельных стрессов для прорывных паводков, изрезавших скэблэнд Северной Америки, в 5–10 раз меньше значений экстремальных моделей (0.3–0.6 млн м³/с против 3 млн м³/с).

Априорность катафлювиальной модели Горного Алтая и ее применимость в других регионах

Неоднозначной особенностью катафлювиальной парадигмы является то, что возможность проявления катастрофических паводков не зависит от наличия или отсутствия катафлювиальных аккумулятивных и/или эрозионных форм рельефа, что делает ее априорной (Бутвиловский, 1993). В методологической работе (Marren, Schuh, 2009) также признается, что целый ряд критериев для определения отложений катастрофических паводков сильно зависит от принятого геологического контекста.

До сих пор катафлювиальная модель Горного Алтая так и не смогла предложить набор уникальных критериев, которые бы соответствовали геологическим наблюдениям и суживали диапазон возможных интерпретаций на их основе. Очевидная проблема априорных моделей в геологических исследованиях заключается в их потенциальной ограниченности для понимания сложных геологических процессов и структур. Очевидно и то, что для создания более объективных моделей исследователям следует в первую очередь использовать максимально возможный комплекс геолого-геофизических методов и наблюдений, а не руководствоваться априорными представлениями.

Несмотря на это, выборочные постулаты катафлювиальной модели Горного Алтая начинают активно применяться в других регионах России, например, для объяснения происхождения бугров Бэра в Прикаспийской низменности (например, Рудой, Русанов, 2012; Badyukova, 2018; Лобачева и др., 2021) и грив юга Западной Сибири (Бейзель и др., 2022). Эти структуры сформировались в совершенно других палеогеографических условиях и обладают принципиально иным строением и литологическим составом (Свиточ, Ключиткина, 2006; Ларин и др., 2021a, 2021b). Однако их причисление к проявлениям “гидросферных катастроф” происходит исключительно на основе их концептуального морфологического сходства с полями гигантской ряби течения Горного Алтая.

Также до сих пор остаются невыясненными и недостаточно задокументированными проявления гипотетических катастрофических потоков с гор Алтая в четвертичных комплексах и рельефе юга Западной Сибири. Тем не менее ряд исследователей предлагает коррелировать валунно-галечники, слагающие тела четвертой и пятой среднечетвертичных надпойменных террас в верховье Оби, с соответственно

сальджарской и ининской толщами (Русанов, 2007; Зольников, 2009, 2023). Учитывая, что эти террасовые комплексы слабо охарактеризованы современными абсолютными датировками, а также принимая во внимание указанные выше проблемы в стратификации, абсолютной хронологии и генетической типизации “катафлювиальных” толщ Яломано-Катунской зоны, на данный момент эти попытки представляются нам бесперспективными.

Понятие катастрофизма и скорости геологических процессов и их место в существующей генетической классификации четвертичных отложений

Сами эпизоды катастрофических процессов в геологической летописи и истории человечества также не уникальны. Как отмечал В.В. Бутвиловский (1993), в принципе любой геологический процесс является катастрофическим для одних и “нормальным” для функционирования других объектов. Паводки в современном определении (Baker, 2003), чтобы считаться катастрофическими, должны сочетать в себе редкость возникновения, очень большую интенсивность и мгновенность действия. При этом количественные параметры таких воздействий в прошлом, как уже отмечалось, являются во многом априорными, и их значения значительно варьируются в зависимости от выбранного набора оперируемых физических параметров. Крупные паводки, сели, оползни и т.д. при всей своей катастрофичности для человека и инфраструктуры являлись и являются обыденным геологическим явлением в горных странах. Катастрофические паводки не уникальны и для равнинных рек: например, максимальные расходы воды р. Волга в период половодья ниже впадения Камы в прошлом достигали 67000 м³/с, при сегодняшнем среднегодовом расходе воды в низовье реки у Волгограда в 8300 м³/с (Кузин, 1971).

Введение априорных понятий катастрофизма и/или скорости геологического процесса в существующую генетическую классификацию четвертичных отложений, в соответствии с современным состоянием науки, не имеет обоснования. По сути, в определении генетического типа указываются лишь два главных отличительных признака осадочных пород — способ транспортировки и форма проявления геологического процесса (Шанцер, 1966; Методическое..., 2005). Для отложений Яломано-Катунской зоны водный агент транспортировки сейчас практически никем не оспаривается, однако достоверные количественные параметры

масштабов и времени флювиального воздействия пока не установлены. С.В. Парначев (1999) указывал, что отложения катастрофических паводков не могут принципиально отличаться от аллювиальных и, соответственно, выделение отдельного катафлювиального генетического типа будет противоречивым и необоснованным. Соглашаясь с его заключением применимо к отложениям Яломано-Катунской зоны, еще раз отметим, что в методическом плане эти аспекты давно освещены. Специфический характер горного аллювиального осадконакопления детально описан в классических работах Е.В. Шанцера (1966), А.А. Чистякова (1978), А.В. Кожевникова (1985), А.Е. Додонова (1986) и многих других. Общеизвестно, что в составе горного аллювия преобладают валунно-галечные отложения, а сами горные реки представляют бурные потоки, приближающиеся по транспортирующей способности в паводковые стадии к селям (Методическое..., 2005). Селевые отложения являются достаточно характерными для горных стран и могут быть связаны с катастрофическими для инфраструктуры и окружающей среды селевыми потоками, сформированными в том числе при быстром осушении подпрудных озер. В этой связи считаем, что отложения террас Яломано-Катунской зоны на уровне современных геологических знаний могут быть методологически корректно охарактеризованы как парагенетическая ассоциация селевых и горных аллювиальных отложений и отложений подпрудных озер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе, на основе полевых исследований четвертичных отложений Яломано-Катунской зоны Горного Алтая и обзора регионов со схожими геологическими условиями, рассматривались аспекты применимости нового генетического типа “катафлювиальный”. В результате мы пришли к следующим выводам.

1. Четкие критерии определения “катастрофических паводков” до сих пор отсутствуют. Их вещественные характеристики принципиально не отличаются от таковых аллювия горных рек и селевых отложений.

2. Другие характеристики, такие как большие мощности отложений и значительная эрозийная деятельность, не являются уникальными для обычного горного аллювия и могут быть объяснены деятельностью куда более скромных потоков при разных моделях расчета.

3. Изученные нами участки развития “селевой фации” базальных слоев паводкового циклита в нижнем течении р. Б. Яломан пространственно приурочены к локальным конусам выноса боковых долин и сформированы в результате делювиально-коллювиального сноса по этим долинам и последующей аккумуляции на бортах реки.

4. Возраст и взаимоотношения “катафлювиальных” отложений Яломано-Катунской зоны остаются спорными и недостаточно изученными. Наши данные подтверждают позднеплейстоценовый (MIS2) возраст сальджарской толщи и ее озерно-аллювиальный генезис. Возможно, принципиально иной взгляд на образование катафлювиальных толщ Горного Алтая с позиции аккумулятивно-эрозионных циклов, развивавшихся не только строго в ледниковые, но и в межледниковые эпохи, позволит разрешить существующие хронологические и интерпретационные противоречия.

5. В настоящее время выделение отдельного генетического типа “катафлювиальный” при исследовании четвертичных образований следует рассматривать как проблематичное, недостаточно обоснованное и преждевременное.

Благодарности. Мы очень признательны Саймону Бакли (Simon Buckley; NORCE Norwegian Research Centre) за предоставление академической лицензии на ПО Lime и Е.Л. Маликовой (ИГМ СО РАН) за содействие при выполнении полевых работ. Благодарим Ю.А. Лаврушина, А.С. Тесакова и А.С. Алексеева за ценные замечания и советы, которые способствовали улучшению оригинальной версии статьи.

Источники финансирования. Полевые и камеральные работы сотрудников ВСЕГЕИ проводились в рамках государственного задания Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) № 049-00016-21-00 “Проведение в 2020–2022 годах работ по сводному и обзорному картографированию территории Российской Федерации по результатам мелко- и среднемасштабного государственного геологического картографирования”. Исследования сотрудников ИГМ СО РАН выполнены в рамках государственного задания ИГМ СО РАН № 122041400243-9 при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Исследования С.И. Ларина выполнены в рамках государственного задания ИКЗ ТюмНЦ СО РАН (проект 1021061810416-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агатова А.Р., Непон Р.К., Моска П., Никитенко Б.Л. К вопросу о возрасте террасовых комплексов рек Чуя и Катунь, Русский Алтай: исключать ли сартанский криохрон из эпох ледниково-подпрудных озер и катастрофических паводков? // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. Т. 30. № 6. С. 87–108.
- Агатова А.Р., Непон Р.К., Моска П., Никитенко Б.Л., Бронникова М.А., Жданова А.Н., Зазовская Э.П., Карпухина Н.В., Кузьмина О.Б., Непон А.Р., Овчинников И.Ю., Петрожицкий А.В., Успенская О.Н. Новые данные комплексных исследований следов крупных климатических событий плейстоцена: оледенений, формирования ледниково-подпрудных озер и их катастрофических спусков на Алтае (горы юга Сибири) // Докл. РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 510. № 2. С. 201–207.
- Астахов В.И. Четвертичная геология суши: учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2020. 440 с.
- Бейзель А.Л., Кузьмина О.Б., Соболев Е.С., Ян П.А. Новые данные по проблеме происхождения гривно-озерных ландшафтов на юге Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 2. № 1. С. 56–62.
- Белуженко Е.В. Верхнемиоцен-эоплейстоценовые грубообломочные отложения Западного и Центрального Предкавказья // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011. Т. 19. № 5. С. 78–95.
- Богачкин Б.М. Кайнозойские отложения и новейшие тектонические движения Яломанской впадины (Горный Алтай) // Бюлл. МОИП. 1967. Т. 42. № 4. С. 95–110.
- Богачкин Б.М. История тектонического развития Горного Алтая в кайнозое. М.: Наука, 1981. 132 с.
- Бутвиловский В. В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 252 с.
- Бутенко В.А. (ред). Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1 : 200000. Серия Алтайская. Лист М-45-XV (Катанда). Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2001. 130 с.
- Геологический словарь. В трех томах. Издание третье, перераб. и доп. Гл. ред. Петров О.В. Т. 1. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 432 с.
- Гладышева А.С. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист М-45 (Горно-Алтайск). Карта четвертичных образований. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ. В печати.

- Деев Е.В. Зоны концентрации древних и исторических землетрясений Горного Алтая // Физика Земли. 2019. № 3. С. 71–96.
- Деев Е.В., Зольников И.Д., Лобова Е.Ю. Позднеплейстоцен-голоценовые сейсмогенные деформации в долине р. Малый Яломан (Горный Алтай) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 9. С. 1601–1620.
- Додонов А.Е. Антропоген Южного Таджикистана. М.: Наука, 1986. 168 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 409).
- Ефимцев Н.А. О строении и происхождении антропогенных отложений долин рек Чуи и Катунь в Горном Алтае // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1964. № 29. С. 115–131.
- Застрожных А.С., Шкатова В.К., Минина Е.А., Тарноградский В.Д., Астахов В.И., Гусев Е.А. Карта четвертичных образований масштаба 1 : 2 500 000 территории Российской Федерации. Пояснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010.
- Зольников И.Д. Гляциально обусловленные суперпаводки неоплейстоцена Горного Алтая и их связь с историей формирования отложений и рельефа Западно-Сибирской равнины // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2009. № 69. С. 58–70.
- Зольников И.Д. Новая концепция строения отложений верхнего неоплейстоцена в магистральных долинах Западной Сибири // Доклады РАН. Науки о Земле. 2023. Т. 513. № 1. С. 46–52
- Зольников И.Д., Деев Е.В. Гляциальные суперпаводки на территории Горного Алтая в четвертичном периоде: условия формирования и геологические признаки // Криосфера Земли. 2013. Т. 17. № 4. С. 74–82.
- 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., 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.
- Зольников И.Д., Деев Е.В., Котлер С.А., Русанов Г.Г., Назаров Д.В. Новые результаты OSL-датирования четвертичных отложений долины верхней Катунь (Горный Алтай) и прилегающей территории // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 6. С. 1184–1197.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С. Дискуссионные вопросы палеогеографии и генезиса четвертичных отложений Горного Алтая // Пути эволюционной географии. Материалы 2-й Всероссийской конференции, посвященной памяти А.А. Величко. М.: Институт географии, 2021. С. 113–116.
- 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.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С., Сенников Н.В., Мистрюков А. О скоплениях глыбового материала в долинах рек Чуя, Катунь и распространении последнего позднеплейстоценового оледенения на Горном Алтае // Доклады Академии наук. 2016. Т. 470. № 3. С. 311–314.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С., Вольвах Н.Е. Условия формирования ининской толщи плейстоцена в Яломано-Катунской зоне Горного Алтая // Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 118–129.
- Кожевников А. В. Антропоген гор и предгорий (Генетический анализ). М.: Недра, 1985.
- Кожевников А.В., Милановский Е.Е. Кавказ // Стратиграфия СССР. Четвертичная система. Полутом 2. М.: Недра, 1984. 556 с.
- Кузин П.С. Волга // Большая советская энциклопедия. Т. 8. Гл. ред. Прохоров А.М. М.: Советская энциклопедия, 1971.
- Ларин С.И., Алексеева В.А., Ларина Н.С. О холодных пустынях зауральских равнин в позднем квартале // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021а. № 8. С. 143–147.
- Ларин С.И., Лаухин С.А., Алексеева В.А., Ларина Н.С. О мерзлотно-климатических условиях формирования гривных толщ Тобол-Ишимского междуречья // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя бореальных районов. Материалы науч. онлайн-сессии, посвященной 110-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Владимира Николаевича Сакса. Новосибирск, 2021б. С. 322–326.
- Лобачева Д.М., Бадюкова Е.Н., Макшаев Р.Р. Литофациальное строение и условия накопления отложений бэровских бугров Северного Прикаспия // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География. 2021. № 6. С. 99–111.
- Макарова Н.В., Чистяков А.А., Акинин Б.Е. Закономерности формирования мощности аллювия горных рек // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2008. № 68. С. 70–81.
- Макарова Н.В., Макаров В.И., Постоленко Г.А., Акинин Б.Е. Представительность аллювия для стратиграфии и корреляции четвертичных отложений // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011. Т. 19. № 4. С. 89–112.

- Методическое пособие по составлению мелкомасштабных карт четвертичных образований к Госгеолкарте-1000/3. Научн. ред. Минина Е.А., Старченко В.В. СПб.: ВСЕГЕИ, 2005. 133 с.
- Окишев П.А. О генезисе террас в среднем течении р. Катунь // Мат. науч. конф. “Проблемы гляциологии Алтая”. Томск, 1974. С. 46–74.
- Окишев П.А. Палеогляциологическое мифотворчество и его апологеты // География и природопользование Сибири. Барнаул: Изд-во АГУ, 2003. С. 62–81.
- Окишев П.А. Рельеф и оледенение Русского Алтая. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2011. 382 с.
- Окишев П.А., Бородавко П.С. Реконструкция “флювиальных катастроф” в горах Южной Сибири и их параметры // Вестник Томского гос. ун-та. 2001. № 274. С. 3–12.
- Павлов А.П. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпохи // Изв. Геол. ком. 1888. Т. 7. С. 242–262.
- Парначев С.В. Геология высоких алтайских террас (Яломанско-Катунская зона). Томск: Изд-во ИПФ ТПУ, 1999. 137 с.
- Перов В.Ф. Селеведение. Учебное пособие. М.: Географ. факультет МГУ, 2012. 272 с.
- Письменный А.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист К-38-III (Проходный). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2021. 357 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: СНИИГ-ГиМС, 1983. 84 с.
- Рудой А.Н. Основы теории дилuviального морфолитогенеза // Известия РГО. 1997. Вып. 1. С. 12–22.
- Рудой А.Н. О критике “традиционной моренной геоморфологии” (комментарий к статье А.Р. Агатовой “Общегеологические принципы в геоморфологическом исследовании”) // Вестник Томского гос. педагогич. ун-та. 2004. № 6. С. 164–169.
- Рудой А.Н. Гигантская рябь течения (история исследований, диагностика и палеогеографическое значение). Томск: ТГПУ, 2005. 228 с.
- Рудой А.Н., Русанов Г.Г. Последнее оледенение Северо-Западного Алтая. 2-е изд., испр. и доп. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 240 с.
- Руководство пользователя Agisoft Metashape Professional Edition, версия 2.0 // Agisoft: официальный сайт. Дата публикации: 2023. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_ru.pdf.
- Русанов Г.Г. Озера и палеогеография Северного Алтая в позднем неоплейстоцене и голоцене. Бийск: ГОУ ВПО БПГУ, 2007. 164 с.
- Савельева П.Ю. Продольный профиль террас на участке долины среднего течения реки Катунь (юго-восточный Алтай) // Вестник Забайкальского гос. ун-та. 2019. Т. 25. № 1. С. 10–19.
- Свиточ А.А., Ключевиткина Т.С. Бэровские бугры Нижнего Поволжья. М.: Типография Россельхозакадемии, 2006. 160 с.
- Стеклов А.А. Наземные моллюски неогена Предкавказья и их стратиграфическое значение. М.: Наука, 1966. 262 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 163).
- Тверитинова Т.Ю., Маринин А.В., Деев Е.В. Геодинамика Катунского разлома (Горный Алтай) по структурно-кинематическим данным // Вестник Московского ун-та. Сер. 4. Геология. 2023. № 1. С. 46–59.
- Федак С.И., Туркин Ю.А., Гусев А.И., Шокальский С.П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия АлтаеСаянская. Лист М45 – Горно-Алтайск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 567 с.
- Чистяков А.А. Горный аллювий. М.: Недра, 1978. 287 с.
- Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 174 с.
- Anton L., Mather A.E., Stokes M., Muñoz-Martin A., De Vicente G. Exceptional river gorge formation from unexceptional floods // Nature Communications. 2015. V. 6. № 1. 7963.
- Badyukova E.N. Genesis of the Baery knolls developed in the Northern Caspian Plain // Quaternary Int. 2018. V. 465. P. 11–21.
- Baker V.R. Paleohydrology and sedimentology of Lake Missoula flooding in Eastern Washington // Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 1973. № 144. 73 p.
- Baker V.R. High-energy megafloods: planetary settings and sedimentary dynamics // Flood and Megaflood Deposits: Recent and Ancient Examples. Eds. Martini I.P., Baker V.R., Garzon G. IAS Spec. Publ. 2002. V. 32. P. 3–15.
- Baker V. Floods and other catastrophic events // Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks. Ed. Middleton G.V. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.

- Baker V.R., Benito G., Rudoy A.N.* Paleohydrology of Late Pleistocene superflooding, Altai Mountains, Siberia // *Science*. 1993. V. 259. P. 348–352.
- Benito G., O'Connor J. E.* Number and size of last-glacial Missoula floods in the Columbia River valley between the Pasco Basin, Washington, and Portland, Oregon // *Geol. Soc. Am. Bull.* 2003. V. 115. № 5. P. 624–638.
- 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.
- Bretz J.H.* The Spokane flood beyond the channelled scablands // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1925. V. 33. P. 97–115.
- Bretz J.H.* The Lake Missoula floods and the channelled scabland // *J. Geology*. 1969. V. 77. № 5. P. 505–543.
- Buckley S.J., Ringdal K., Naumann N., Dolva B., Kurz T.H., Howell J.A., Dewez T.J.* LIME: Software for 3-D visualization, interpretation, and communication of virtual geoscience models // *Geosphere*. 2019. V. 15. № 1. P. 222–235.
- Buckley S.J., Howell J.A., Naumann N., Lewis C., Chmielewska M., Ringdal K., Vanbiervliet J., Tong B., Mulelid-Tynes O.S., Foster D., Maxwell G., Pugsley J.* V3Geo: a cloud-based repository for virtual 3D models in geoscience // *Geoscience Communication*. 2022. V. 5. № 1. P. 67–82.
- Carling P.A.* Freshwater megaflood sedimentation: What can we learn about generic processes? // *Earth-Sci. Rev.* 2013. V. 125. P. 87–113.
- Carling P.A., Kirkbride A.D., Parnachov S., 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 deposit sedimentology // *Flood and megaflood processes and deposits: recent and ancient examples*. Wiley-Blackwell, 2002. P. 17–35.
- Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Alsdorf D.* The shuttle radar topography mission // *Rev. Geophysics*. 2007. V. 45. RG2004.
- Freitas B.T., Silva L.H., Almeida R.P., Galeazzi C.P., Figueiredo H.G., Tamura L.N., Assine M.L.* Cross-strata palaeocurrent analysis using virtual outcrops // *Sedimentology*. 2021. V. 68. № 6. P. 2397–2421.
- 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.
- Larsen I.J., Lamb M.P.* Progressive incision of the channelled scablands by outburst floods // *Nature*. 2016. V. 538. № 7624. P. 229–232.
- Marren P.M., Schuh M.* 12 Criteria for identifying jokulhlaup deposits in the sedimentary record // *Megaflooding on Earth and Mars*. Cambridge University Press, 2009.
- 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, 2015a. P. 41–47.
- 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, 2015b. P. 60–67.
- Seidl F., Reisenbüchler M., Rutschmann P., Yanygina L.V., Schletterer M.* Large-scale hydromorphological characteristics of the Proglacial River Katun (Ob Headwaters) // *Geography, Environment, Sustainability*. 2023. V. 2 (16). P. 110–120.
- Semikolennykh D.V., Cunningham A.C., Kurbanov R.N., Panin A.V., Zolnikov I.D., Deev E.V., Murray A.S.* Dating of megaflood deposits in the Russian Altai using rock surface luminescence // *Quaternary Geochronology*. 2022. V. 73. 101373.
- Van der Bilt W.G.M., Barr I.D., Berben S.M., Hennekam R., Lane T., Adamson K., Bakke J.* Late Holocene canyon-carving floods in northern Iceland were smaller than previously reported // *Communications Earth & Environment*. 2021. V. 2. № 1. P. 86.

Рецензенты А.С. Алексеев, А.С. Тесаков

On the Genesis of Quaternary Deposits in the Yaloman-Katun Zone of the Altai Mountains and the Practicability of Introducing the Catafluvial Genetic Type

D. A. Zastrozhnov^{a, b, #}, A. S. Zastrozhnov^a, V. S. Zykin^c, S. I. Larin^d, L. E. Pestova^a,
V. S. Zykina^c, S. E. Golovanov^{c, e}

^a*A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia*

^b*University of Oslo, Department of Geosciences, Oslo, Norway*

^c*V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

^d*Earth Cryosphere Institute of the Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia*

^e*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

[#]*e-mail: zastrozhe@gmail.com*

The paper discusses the research and methodological aspects of introducing the new term “catafluvial deposits” into genetic classification of Quaternary deposits. For this purpose, fieldwork was carried out aimed at studying terrace complexes within the Yaloman-Katun zone of Gorny Altai, which in recent decades became a peculiar natural laboratory for studying hypothetical glacial superfloods. Based on original materials and data from other areas with similar geological and physico-geographical conditions, it is concluded that the categorization of a separate genetic type “catafluvial” should currently be considered premature.

Keywords: Gorny Altai, catafluvial, superfloods, Quaternary geology, genetic type, geological mapping