

ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕДНИКОВ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЛЕДОВ ИХ БЫЛОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ПОЗИЦИЙ АКТУАЛИЗМА

Шейнкман В.С.

Институт криосферы Земли, СО РАН, Тюмень, Россия; vlad.sheinkman@mail.ru

В течение нескольких десятилетий автором проводились исследования следов деятельности современных и древних ледников, а также сопутствующих им явлений. В результате был собран большой фактический материал, на основе которого сделан, опираясь на принцип актуализма, анализ проводимой ледниками геологической работы и оценен ее потенциал. В работе приведены характеристики форм геологической деятельности ледников, а также определена возможность их погребения на длительное время. В итоге сделан вывод, что ряд исторически сложившихся стереотипов в отношении деятельности ледников необходимо пересмотреть и, соответственно, изменить отношение к проведению на этой основе реконструкций событий квартера.

Ключевые слова: *формы геологической деятельности ледников, принцип актуализма, реконструкции гляциальных событий квартера*

Принцип актуализма является основой для всех реконструкций событий прошлого. Но в отношении геологической деятельности ледников его применению сопутствовало немалое количество противоречий. Причина в том, что изначально для выводов о проводимой ледниками работе служили данные изучения внешнего облика образований, оставленных ими в Альпах, где были заложены основы учения о гляциальных явлениях [*Saussure, 1779, 1796; Penck, Brückner, 1909*]. Визуально фиксируя большое количество обломочного материала на поверхности альпийских ледников и по их периферии, первые исследователи этих форм посчитали, что ледники активно эродировать свое ложе, насыщают поток льда обломочным материалом и затем переносят его, причем слой донной морены может иметь значительную мощность и содержать большой объем обломков. Фактически на ледники переносились черты воздействия часто наблюдавшихся стремительно протекающих ледоходов, обладающих большой разрушительной способностью. Хотя движение ледника вязкопластическое и его воздействие протекает не так энергично и разрушительно.

В итоге сформировался устойчивый стереотип, и при проведении реконструкций событий прошлого многие исследователи, встречая различные скопления эрратического материала, привычно относили его к ледниковым отложениям, в том числе на территории России [*Кропоткин, 1876; Обручев, 1951*]. Причем с такими отложениями стали сопоставлять практически все виды диамиктона, хотя этот термин предложен [*Flint, 1960*] как не несущий генетической нагрузки – характеризующий сугубо структурные свойства рыхлых несортированных грубообломочных пород.

Проведенное на настоящий момент детальное изучение различных современных ледников в разных районах Земли – и покровных, и горных, – показало, что эродирующее воздействие потоков льда – вещества вязкопластического – невелико и выражается в основном в истирании пород ложа, а не в его выпахивании и экскавации. Главная геологическая работа ледников состоит в перемещении продуктов выветривания, попадающих на поверхность ледников с бортов их долин. Ледники, по сути, работают не по принципу бульдозера-экскаватора, как считалось раньше, а по принципу конвейера (Рис. 1-1-И): сносимый на их поверхность материал перемещается на ней в краевую часть ледника. Об этом свидетельствует и опыт работы автора на разных современных ледниках, и проведенный им анализ литературы, тем более что строение уже многих ледников вскрыто по всей толщине льда бурением [*Чувардинский, 2012; Шейнкман, 2017; Dowdeswell et al., 2004; Talalay, 2013; Sheinkman, 2016*]. В особенности отмеченное касается покровных ледников, поверхность и толща которых практически стерильна; исключение составляют выводные потоки льда: выходя из основного тела ледникового щита, они могут течь вдоль скальных склонов, с которых, как и на горных

ледниках, будут осыпаться продукты выветривания, формируя поверхностную морену (см. Рис. 1-Г).

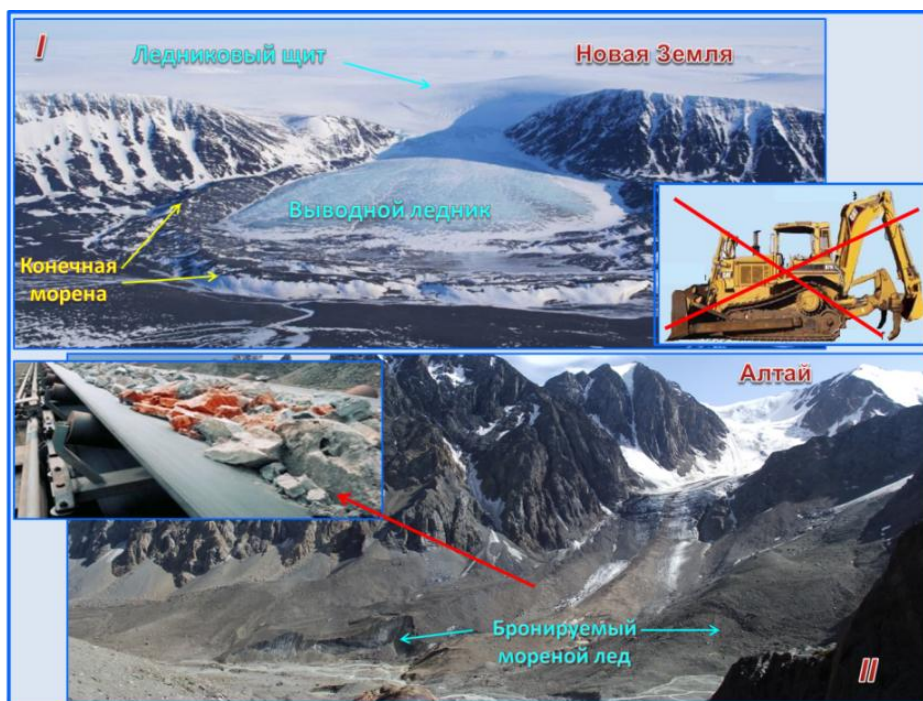


Рис. 1. Различный характер морен у покровных и горных ледников: I – ледник Большой Правый Актру, Алтай, июль 2011 г., фото В.С. Шейнкмана; II – покровный ледник Астрономический и его выводной поток льда, Новая Земля, фото из архива https://www.google.ru/search?q=ледник+новая+земля&newwindow_ Пояснения в тексте.

Долгое время покровные ледники считались атрибутом обстановок квартера повсеместно, причем к следам их деятельности относили различные скопления обломочного материала. Однако использование принципа актуализма показало иное. Уже первые исследования ледникового покрова Антарктиды зафиксировали, что слои с заметным включением обломочного материала наблюдаются только в придонном льду, в основном – у края выводных ледников, и мощность таких слоев невелика – 30–40 м, что несопоставимо мало относительно 3-4-км толщи ледникового щита, тело которого сложено преобладающе чистым льдом. При этом обломки пород, обычно представляя собой дисперсный мелкозем, только у самого ложа ледника имели в придонном, содержащем морену льду долю до 25%, а в целом она была менее 2% – вытаяв, они давали слой толщиной всего около 70 см, лишь в отдельных местах – 1–3 м [Евтеев, 1964]. Позднее лед Антарктиды был пройден серией скважин, и как в отдалении от краевой части выводных ледников, так и на шельфе керны практически по всей толще льда были чистые. Только у самого ложа фиксировались малой мощности (первые метры) слои льда с мелкоземом, причем лишь отдельные частицы в нем измерялись миллиметрами [Большаинов, 2006; Чувардинский, 2012; Talalay, 2013].

В целом за пределами краевой зоны выводных ледников содержащего морену льда с включением заметной доли обломочного материала, тем более крупного, нигде не обнаруживается. Это фиксируется и на ледниках Антарктиды, и на ледниках островной Арктики, многие из которых тоже пройдены бурением.

Дело в том, что покровные ледники формируются в холодных климатических условиях, приморожены к ложу, и их движение происходит послойно: расположенные выше слои скользят по слоям, находящимся ниже. А на контакте с ложем лед, будучи вязкопластической субстанцией, намного уступающей по прочности скальным породам, способен лишь истирать и абразивно царапать ложе включенным в него мелкоземом. Для примера приведем недавние материалы [Bierman et al., 2014] по керну 3054-м скважины GISP-2, прошедшей ледниковый

щит Гренландии. Они продемонстрировали, что придонный лед имел возраст около 300 тыс. лет, охлажден до -9°C , приморожен к ложу, и в нем фиксирован слой с мелкообломочным материалом льда толщиной лишь около полуметра, а выше расположен 13-м слой с рассеянными алевритовыми частицами. Остальная 3-км толща льда была чистой. Аналогичны результаты по другим скважинам [Talalay, 2013].

Большое количество обломочного материала переносят в виде поверхностной морены только горные ледники, но под ней лед тоже преобладающе чистый. Это хорошо видно на рис. 2, где под слоем поверхностной морены везде проглядывает голубой лед, а в стенках туннелей, пробитых в основании ледника, прослеживаются лишь отдельные тонкие прослои мелкозема.

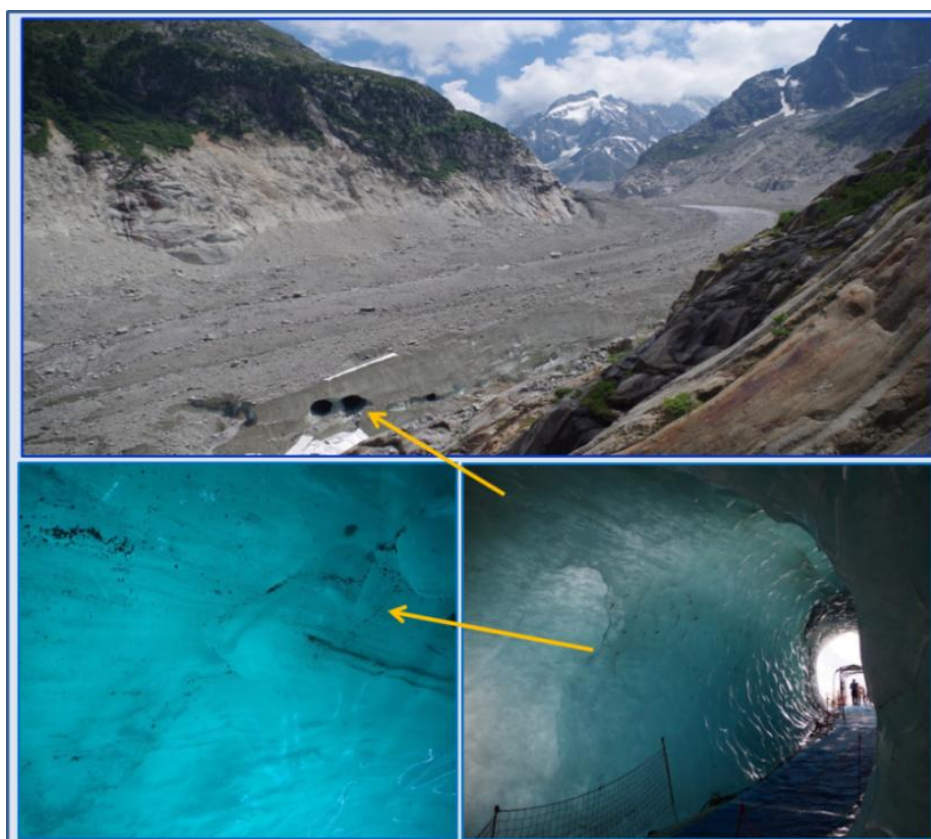


Рис. 2. Ледник Мер де Глас, Альпы, июль, 2018, фото. В.С. Шейнкмана.
Пояснения в тексте.

Поскольку горные ледники спускаются в долины, они абсорбируют в приледниковой зоне лежащий на их днище обломочный материал различного генезиса. При наступлении ледников эти обломки будут постепенно облекаться льдом, и под его весом вдавливаются в него как в вязкопластическое тело. Их наличие и создает ощущение, что они оторваны ледником от ложа и образуют донную морену. Тем не менее, даже на крупнейших горных ледниках обычно толщина такого, насыщенного обломками льда измеряется лишь первыми метрами, при объеме обломков в нем около 25% [Серебряный и др., 1989]. Главную же роль в формировании переносимой и затем отлагаемой ледниками морены играет осыпной материал со склонов и нунатаков – он образует слой приповерхностного, содержащего морену льда, тогда как покровные ледники его практически лишены, как и внутренней морены. Но и на горных ледниках внутренней морены очень мало.

Крупные обломки на поверхности ледников не успевают накопить тепло, компенсируя затем охлаждение во льду, в достаточном для их впаивания в лед количестве, и лежат на нем, предохраняя его на некоторое время от таяния (Рис. 3-IV). Плохо проникает в лед и мелкозем: его частицы вбирают мало тепла и быстро отдают его льду; обычно залегают дисперсно, они затемняют лед, усиливая абляцию, но если образуют локальные покрытия, могут, наоборот,

тоже замедлить на некоторое время активное таяние льда (рис. 3-III). Успевают днем прогреться и на несколько сантиметров, иногда – на первые дециметры внедриться в лед лишь обломки в размерности среднего щебня. Но глубже и они без поступления к ним потом тепла не могут быть впаяны в холодный лед. На большую глубину обломки попадают редко – например, через трещины и оторвавшись от нунатаков.

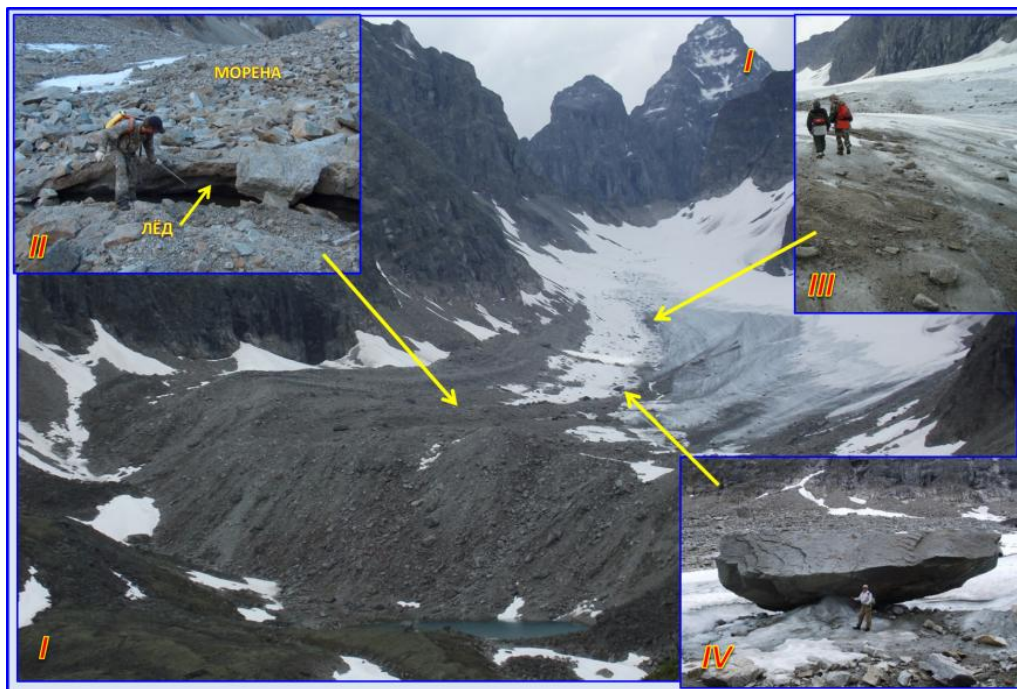


Рис. 3. Ледник Азаровой, хр. Кодар, Забайкалье, июль 2013 г., фото В.С. Шейнкмана. Пояснения в тексте.

Поскольку ледник работает как конвейер, сплошное покрытие поверхностной мореной формируется в его краевой части (рис. 3-I). В случае стационарности ледника она станет перегружаться обломками, создавая видимость мощного покрытия, но и в этом случае обломки лишь облекают лед слоем малой мощности (рис. 3-II), а в объеме содержащего морену льда их доля будет не велика [Серебряный и др., 1989; Чувардинский, 2012]. При отступании ледников бронирование его обломками начнет охватывать область абляции (см. Рис. 1, 2), но ледниковый лед это предохранит ненадолго. При омертвлении он, будучи тогда не возобновляемым, все равно начнет таять, так как сквозь отмеченный грубодисперсный материал с жидкими осадками, воздухом и тальми водами будет легко проникать тепло, и, согласно разработкам Г.М. Фельдмана [1977] лед под таким слоем обломков вытаявать будет достаточно быстро.

Таким образом, имеющийся сегодня материал изучения современных ледников убедительно говорит, что стереотипы об их деятельности с большой ролью экзарации, активным формированием базальной морены и ее мощным накоплением требуется пересматривать. Особенно в Сибири, анализ закономерностей гляциологического развития которой [Шейнкман и др., 2014, 2017] говорит об отсутствии здесь условий для формирования ледниковых щитов.

Работа выполнена в рамках тем госзаданий 121041600042-7 и 121042000078-9.

ЛИТЕРАТУРА

Большаинов Д.Ю. Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды. СПб.: АНИИ. 2006. 296 с.

Евтеев С.А. Геологическая деятельность ледникового покрова Восточной Антарктиды. М.: Наука. 1964. 120 с.

Кропоткин П.А. Исследования о ледниковом периоде. Записки РГО по общей географии. Вып. 1. Т. 7. СПб, 1876, 836 с.

Обручев В.А. Признаки ледникового периода в Северной и Центральной Азии // Избранные работы по географии Азии. М.: Географгиз. 1951. Т. 3. С. 49-128.

Серебряный Л.Р., Орлов А.В., Соломина О.Н. Морены – источник гляциологической информации. М.: Наука, 1989. 236 с.

Фельдман Г.М. Прогноз температурного режима грунтов и развития криогенных процессов. Новосибирск: Наука, 1977, 190 с.

Черский И.Д. К вопросу о следах древних ледников в Восточной Сибири // Известия Восточно-Сибирского отдела Императорского Русского Географического общества. 1882. Т. 12. № 4-5. С. 28-62.

Чувардинский В.Г. Результаты сквозного разбуривания ледниковых покровов Арктики и Антарктиды и их значение для решения проблем четвертичного периода // Известия РГО. 2012. Т. 144. Вып. 2. С. 28-41.

Шейнкман В.С. Пластовые залежи подземного льда в свете данных об оледенении Сибири // Геосферные исследования. 2017. № 2. С. 14- 32. doi:10.17223/25421379/3/2

Шейнкман В.С., Мельников В.П. Ледники Сибири как компонент криолитогенно-гляциальных геосистем // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII. № 2. С. 3–23.

Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначев В.П. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западной Сибири в квартере // ДАН. 2017. Т. 477. № 4. С. 480–484. doi: 10.7868/S0869565217340199

Bierman P.R., Corbett L.B., Graly J.A., Neumann T.A., Lini A., Crosby B.T., Rood D.H. Preservation of a Preglacial Landscape Under the Center of the Greenland Ice Sheet // Science. 2014. Vol. 344. P. 402-405. doi: 10.1126/science.1249047

Dowdeswell J.A., O Cofaigh C, Pudsey C. Thickness and extent of the subglacial till layer beneath an Antarctic paleo-ice stream // Geology. 2004. No 32. P. 13-16. doi: 10.1130/G19864.1

Flint R.F., Sanders J.E., Rodgers J. Diamictite, a substitute term for symmictite // Bull. Geol. Soc. Amer., 1960. Vol. 71. P. 1809-1810. doi: 10.1130/0016-7606(1960)71[1809:DASTFS]2.0.CO;2

Penck A., Brückner E. Die Alpen im Eiszeitalter, Bd. 1-3, Lpz., 1909, 1199 p.

Saussure O.B. Voyages dans les Alps. V. 1: Neuchatel, Switzerland, 1779, 638 p.; V. 2: Geneve, Switzerland, 1796, 540 p.

Sheinkman V. Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation // Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 15–23. doi: 10.1016/j.quaint.2015.11.147

Talalay P.G. Subglacial till and bedrock drilling // Cold Regions Science and Technology. 2013. Vol. 86. P. 142–166. doi: 10.1016/j.coldregions.2012.08.009

AN APPRAISAL OF ACTIVITIES OF GLACIERS AND INTERPRETATION OF THEIR FORMER TRACES FROM THE POSITION OF ACTUALISM

Sheinkman V.S.

Earth Cryosphere Institute, Tyumen, Russia; vlad.sheinkman@mail.ru

In the course of a few decades the present author studied activities and traces of modern and ancient glaciers, as well as phenomena accompanied them. As a result, significant factual material has been obtained, and on such a base, as well as founding on principle of actualism, analysis of geological work carried out by the glaciers has been fulfilled, and its potential is determined. Forms of geological activities of glaciers and possibility of their burial and duration of stay in that condition have been estimated too. A conclusion has been drawn that it is necessary to reconsider and, correspondingly, to change the attitude to historically habitual stereotypes concerning those activities, and to change, correspondingly, approaches to the reconstructions fulfilled on such a base in respect to former Pleistocene events.

Keywords: *forms of geological activities of glaciers, principle of actualism, reconstructions of the Pleistocene glacial events*