

Оледенение севера Западной Сибири – спорные вопросы и пути их решения© 2015 г. В.С. Шейнкман¹⁻³, В.М. Плюснин²¹Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень; ²Институт географии СО РАН, Иркутск;³Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень
vlad.sheinkman@mail.ru**Glaciation of West Siberia – disputable questions and means of their solution**V.S. Sheinkman¹⁻³, V.M. Plyusnin²¹Earth Cryosphere Institute, RAS, Siberian Branch, Tyumen; ²Institute of Geography, RAS, Siberian Branch, Irkutsk;³Tyumen State Gas and Oil University, Tyumen

Статья принята к печати 5 мая 2014 г.

*Оледенение, плейстоцен, север Западной Сибири.**Glaciation, Pleistocene, North-West Siberia.*

Рассмотрены различные подходы к проблеме четвертичного оледенения севера Западной Сибири и анализируется гляциологическая ситуация этого региона. Приведены новые материалы по изучению следов древних ледников в Приуралье и на правобережье Средней Оби. Сделан вывод, что в плейстоцене ледники на севере Западной Сибири концентрировались в её горном обрамлении и не продвигались дальше предгорий. Последующий разнос каменного материала морен происходил при перемещении айсбергов, оторвавшихся от ледников с вмороженными в них обломками горных пород, по водной акватории во время трансгрессий моря со стороны Северного Ледовитого океана. Установлено, что, согласно результатам датирования изученных отложений, по крайней мере, сартанское наступание ледников совпадало с трансгрессией моря, которая была обусловлена тектоническими процессами в Арктике.

Different approaches to the problem of the Quaternary glaciation in the North-West Siberia have been considered in the present paper. It is concluded that during the Pleistocene glaciers concentrated here in the surrounding mountains and did not advance as far, as near foothills. Distribution of moraine material happened then by dint of floe-drift with ice-bound rock debris in the water area formed as a result of the sea transgression caused by tectonic processes in the Arctic Ocean. At that the Sartan advance of glaciers coincided with such a transgression.

Введение

Освоение и изучение Сибири началось с её западной части, поэтому именно здесь создавались первые концепции развития природных условий, на основе которых затем разрабатывались модели для остальной части Сибири. Пока не был накоплен материал непосредственного изучения сибирских объектов и выполнен его анализ, подходы к исследованию природных явлений в Сибири основывались на знаниях, сформированных при изучении европейской территории, что естественно, поскольку фундамент многих наук о Земле был заложен в начавшей изучаться раньше Европе. В гляциологическом аспекте это привело к тому, что долгое время современное и древнее оледенение Сибири рассматривалось с позиций альпийской научной школы, концепции которой, как выяснилось впоследствии, в данном регионе не всегда применимы.

Альпийская гляциологическая школа формировалась с конца XVIII в., и к середине XIX в. практически оформились её базовые воззрения в отношении современных ледников и в конце XIX в. — в отношении древних. Вместе с тем в Си-

бири только во второй половине XX в. появились значимые обобщения о гляциальных явлениях. Чтобы исследователи смогли понять, что концепции развития оледенения, обоснованные фактическим материалом, полученным при изучении ледников и их следов в Альпах, нельзя автоматически переносить на другие регионы, понадобилось время — особенно это касается Сибири, где природные условия совершенно иные, чем в Альпах и Европе. Главная причина в том, что европейская территория находится в зоне активного воздействия тёплых и влажных воздушных потоков с Атлантики, а Сибирь, начиная уже с Приуралья, расположена в области холодного и достаточно сухого континентального климата. Такие отличия, как показали наши исследования [36, 37], были в течение всего плейстоцена, что существенно повлияло на развитие ледников. Обусловили они и различия во взглядах. Работавшие в Сибири исследователи, с одной стороны, в той или иной мере опирались на базовые альпийские подходы, а с другой — должны были вносить коррективы, учитывающие специфику природных условий исследуемого региона. В итоге позиции разных исследователей стали базироваться на су-

щественно отличающихся основах: одни из них и сегодня придерживаются канонов альпийской научной школы, другие существенно отошли от них, а третьи со временем практически полностью отказались от их применения.

Особенно острая дифференциация мнений отмечается для севера Западной Сибири. Первые в Сибири схемы оледенения созданы именно по этому региону, поэтому с ними сравнивались и все новые материалы по Сибири. Со временем противоречия нарастали, и сегодня мнения иногда отличаются полярно — от концепции полного промерзания в квартере Карского моря и продвижения отсюда на юг мощного потока льда до отрицания каких бы то ни было древних ледников на территории Западной Сибири вообще. К сожалению, для обоснования этих концепций исследователи региона редко используют имеющиеся гляциологические данные, хотя здесь в различных горных сооружениях, в том числе и в горном обрамлении на севере Западной Сибири, существуют неплохо изученные центры современного оледенения с большим диапазоном гляциологических показателей. Последние позволяют вполне корректно применять принцип актуализма, и, на наш взгляд, именно эти данные при палеогляциологических реконструкциях целесообразно брать за точку отсчёта.

Исходя из сказанного, авторы настоящей работы проанализировали материалы, имеющиеся по современному и древнему оледенению Сибири, и благодаря поддержке со стороны программ ОНЗ РАН и интеграционных проектов СО РАН провели комплекс гляциологических и палеогляциологических исследований в ключевых районах. В результате мы пришли к заключению, что в течение всего плейстоцена не только в глубине Сибири, но и в её западной части формировалось оледенение горно-долинного и предгорно-шлейфового типа. Это относится и к одному из самых обсуждаемых, в плане развития четвертичного оледенения, районов — северу Западной Сибири. Свои выводы и суть материалов, которые легли в их основу, авторы и рассматривают в настоящей статье.

История и состояние проблемы

Создателями первых схем ледниковой ритмики плейстоцена были А. Пенк и Э. Брюкнер, изложившие свои взгляды в объёмной монографии-отчёте, изданной в начале XX в. в Лейпциге [45].

Их главные выводы основывались на материалах изучения верховьев р. Дунай, и долгое время считалось, что, выделив в ледниковой ритмике четыре доминирующих этапа, они установили основные подразделения квартера. Эта ритмика ассоциирована с соответствующими климатическими событиями. Со временем на равнинах Западной Европы (а затем и на Русской равнине) сторонники сформированной на альпийской основе гипотезы стали считать, что и на этой территории имеющиеся отложения и формы рельефа отражают ход четырёх этапов альпийской ледниковой ритмики. При этом значительная часть отмеченных форм рельефа и отложений стала считаться свидетельством пребывания на равнинах Европы других, спускавшихся сюда уже с севера, гигантских ледников, динамика которых определялась в соответствии с событиями, установленными А. Пенком и Э. Брюкнером.

Со временем озвучивались факты, противоречащие концепции [45]. В частности, уже в 1930-е годы против тезиса о глубоком проникновении ледников на Русскую равнину активно выступал известный исследователь квартера И.Г. Пидопличко [28]. Первые исследователи равнин Западной Сибири также отрицали проникновение сюда потоков льда, считая эту территорию зоной морских трансгрессий [26]. Это мнение поддерживалось и многими гляциологами при подведении итогов Международного геофизического года (МГГ) [33]. Однако немало геологов, специализирующихся на изучении квартера, следовали в фарватере концепции [45] и искали подтверждение своих выводов, прежде всего, в соответствующих аналогиях отложений и форм рельефа, поэтому первые широкие обобщения по четвертичным образованиям региона были представлены именно в свете этой концепции. Данные обобщения представляли собой, по сути, результат работы, проведённой в первые послевоенные десятилетия отдельными исследователями, которые не имели больших возможностей, а недостаток информации восполняли апеллированием к устоявшимся концепциям. Концепция материкового оледенения среди них считалась одной из основных, а поскольку практически на всей территории северной части Западно-Сибирской равнины встречались эрратические валуны, их наличие стали связывать с геологической деятельностью древнего покровного ледника. Ос-

новой итог этого этапа исследований представлен в объёмной, вышедшей в 1953 г. монографии В.Н. Сакса [30], в которой материалы, накопленные к середине XX в., были систематизированы и её автором предложена трактовка четвертичных событий в Сибири, в основном представляющая собой кальку альпийских схем.

Монографию [30] стали считать классической, однако во второй половине XX в. многое изменилось. Вся Сибирь была покрыта площадной среднемасштабной геологической съёмкой, а на севере Западной Сибири стали вести детальные исследования крупные геологические организации и научные коллективы, привлечённые сюда в связи с открытием здесь запасов углеводородного сырья. В итоге появился большой массив данных в противовес концепции материковых ледников, и их обоснование вновь стало подвергаться сомнению. Возникла парадоксальная ситуация. Ряд исследователей продолжал отстаивать концепцию материкового ледника, занимавшего в квартере весь север Западной Сибири [2, 3, 14, 15, 20, 30], в то время как на многих государственных геологических картах и в освещающих их публикациях [16, 17, 24, 25, 34] стала отображаться картина, отрицающая развитие такого ледника. В последние десятилетия к дискуссии активно подключились мерзлотоведы, которые приводят многочисленные материалы, согласно которым в Западной Сибири в течение плейстоцена формировались подземные льды, что несовместимо с параллельным существованием материкового ледника [8–10, 18, 19, 31, 40]. Содержание продолжающейся в этом отношении полемики приводить в рамках настоящей статьи не стоит – она подробно освещена в литературе и сторонниками, и противниками материкового оледенения Сибири. Не раз различные аспекты полемики озвучивались и на научных конференциях, в том числе на последних совещаниях Комиссии по изучению четвертичного периода РАН [22, 42, 43]. Поэтому перейдём к изложению нашей позиции, при необходимости ссылаясь на участников полемики.

Характеристика обстановок оледенения на севере Западной Сибири

Как уже отмечалось, авторы этой статьи обратили внимание, что гляциологические аспекты проблемы, несмотря на длительную полемику в отношении четвертичного оледенения на

севере Западной Сибири, затрагиваются редко, хотя эти данные лежат на поверхности и именно ими во многом могут определяться объективное содержание палеогляциологических реконструкций и подходы к их построению. Начнём с общего анализа. Опыт работы авторов на различных гляциологических объектах Сибири и анализ имеющихся по ним материалов показал [38, 39], что и сегодня, и в прошлом в Сибири ледники повсеместно располагались и располагаются около и южнее Полярного круга, причём повсюду они были и остаются приуроченными к районам развития многолетнемерзлых пород (ММП). Расположение ледников на этих широтах в обстановке с хорошо выраженной криолитозоной подразумевает их развитие в условиях континентального климата с долгой холодной зимой и пусть коротким, но тёплым, а нередко и жарким летом. Всё это определяет, с одной стороны, значительную абляцию на ледниках даже в криохроны, а с другой – особый способ её компенсации.

Сегодня абляции на самых холодных ледниках северо-востока Сибири, расположенных вблизи Полярного круга, составляет 80–100 г/см² в год. В противоположной части Сибири она существенно выше. Даже в горах Бырранга, находящихся на широтах на 10° севернее Полярного круга, её величина – 100–120 г/см² в год, а на Приполярном и Полярном Урале колеблется уже в пределах 200–300 г/см² в год [12, 21, 33]. Самое главное, что эти цифры в 1,5–2 раза, а иногда и больше превышают фоновое, с вычетом доли навешанного снега, снегонакопление. И компенсируется абляции в данной ситуации не за счёт обильного снежного питания, как принято в традиционной альпийской модели оледенения, а благодаря питанию с конжеляционной составляющей, получившему название ледяного. Оно осуществляется путём формирования наложенного льда – инфильтрационно- и натёчно-конжеляционного, когда в условиях незначительного увлажнения летом реализуется холод, запасаемый ледниками в течение долгой холодной зимы, характерной для континентального климата.

Нужно только принимать во внимание отличие ледников Сибири и на островах Западной Арктики, где благодаря расположению в высоких широтах низка абляция, но со стороны Гольфстрима поступает довольно много осад-

ков. Граница питания там незначительно превышает уровень моря, и ледники в таких условиях могут сегодня достигать стадии пусть не очень больших, но хорошо выраженных ледниковых щитов. В Сибири ледники повсеместно находятся высоко в горах, характеризуются незначительным питанием и высоким положением их границы, поскольку контролируются активной летней абляцией — атрибутом континентального климата. Сегодня у зонально обусловленных ледников граница питания, даже в случае её наиболее низкого положения в приполярной части гор северо-востока Сибири, находится на отметках около 2000 м; в горах юга Восточной Сибири она преодолевает уровень 2500 м и поднимается выше 3000 м в горах юга Западной Сибири. Если допустить, что в криохроны квартера граница питания у ледников снижалась на 500–600 м, а такая величина её депрессии признаётся большинством авторов и лишь некоторые из них увеличивают снижение до 1000 м, то эта граница всё равно будет находиться намного выше уровня моря высоко в горах.

Несколько иная картина на небольших, формируемых за счёт навешанного снега малых азональных ледниках, расположенных в пределах относительно невысоких горных хребтов. К ним относятся и горные сооружения на севере Западной Сибири. Фирновая линия на ледниках проходит там более чем на 1 км ниже уровня климатической снеговой линии, так как снегонакопление на ледниках в основном происходит за счёт сдувания выпавших твёрдых осадков с окружающих склонов. Благодаря этому концы ледников опускаются весьма низко: например, в северных отрогах Урала в среднем до высоты 700–800 м [21]. В такой обстановке депрессия климатической снеговой границы во время глобальных похолоданий климата будет фактически приближать её уровень к имеющемуся местному положению на ледниках, превращая азональные ледники в зональные образования.

Для лучшего понимания специфики оледенения в рассматриваемом регионе напомним, что традиционная альпийская модель подразумевает активное испарение влаги с океана, её перенос на континент, над которым она проходит относительно небольшое расстояние, и консервацию на определённое время ледниками влаги, выпадающей в твёрдой фазе. В этом случае большая

часть тела ледников лежит не на мёрзлом ложе, а главным фактором оледенения служит интенсивный метаморфизм снега при его обилии. Затраты приходящего к ледникам тепла в основном идут на преодоление порога таяния льда, находящегося преимущественно в изотермическом (при температуре около 0 °С) состоянии, но имеющего большую теплоту плавления. Уравновешивается таяние главным образом активным поступлением в область абляции новых порций ледовой массы. При такой организации вещества и энергии ледники во время глобальных похолоданий климата могут успеть достичь конечной стадии развития — ледникового щита — даже в условиях геологически быстрого чередования крио- и термохронов (с шагом ритмики порядка 20 тыс. лет), как это имело место в квартере. Ведь в данном случае при похолодании во время смены термохронов криохронами исходно хорошо выражены влажные — гигротические — фазы оледенения [11]. Тогда на фоне сохраняющегося первое время обильного снегонакопления уменьшение срока абляции вызовет быстрое опускание фирновой линии, что повлечёт за собой активный рост ледников до тех пор, пока холодная и влажная криогигротическая фаза оледенения не сменится холодной и сухой криоксеротической фазой [11] и рост ледников замедлится.

Хотя применение альпийской модели привычно и ряд авторов продолжают применять её в Сибири, подчеркнём, что в этом регионе с континентальным климатом использовать такую модель неприемлемо. Для окружающей среды региона криолитозона служит фоновым фактором, и здесь по-иному распределяется и консервируется влага, которая, преодолевая большие расстояния и изрядно расходуясь по пути, поступает в Сибирь в основном с западным переносом воздушных масс [36, 37, 46]. Помимо ледников, она консервируется ещё и льдами мерзлотного генезиса; немалую её часть в криохроны квартера перехватывал и ледниковый щит на севере Европы. Таким образом, общий объём поступающей к ледникам Сибири влаги не может быть большим ни сегодня, ни в прошлом. Хотя воздушные потоки, приносящие влагу с западным переносом, орошают в первую очередь западную часть Сибири, по указанным причинам они всё равно приносят осадков немного, поэтому закономерно, что и сегодня, и в четвертичном пери-

оде климат на севере Западной Сибири имел и имеет черты континентального и закономерно сопровождается развитием ММП.

В таких условиях на похолодания климата ледники реагируют принципиально по-иному: при похолодании они растут медленнее. Ведь в условиях, когда количество поступающих атмосферных осадков невелико, а в процессе похолоданий климата их становится ещё меньше, причём всё больше влаги консервируется в приледниковой зоне наледями и подземными льдами, но летняя абляция остаётся высокой, требуется особый способ нарастания ледниковой массы. В этом случае таяние уравнивается за счёт реализации холода, большего демпфирования поступающего к леднику тепла (которое тратится уже не только на преодоление порога теплоты плавления льда, но и на прогрев до 0 °С существенно охлаждённого льда) и частичного восполнения стаявшей массы наложенным льдом. Энергия оледенения (по [41]) в таких условиях невысока, и за геологически короткие криохроны квартера ледники реально могут успеть достичь только стадии долинных форм различной иерархии, а не конечной стадии — покровного оледенения. Сравним имеющиеся данные и проведём простейшие расчёты.

Сегодня самое увлажнённое место на севере Западной Сибири — северные отроги Урала. Из-за перераспределения твёрдых осадков ветром их количество в разных источниках несколько различно, но в среднем на западных склонах Полярного и Приполярного Урала, первыми встречающимися влагонесущие потоки с запада, осадков сегодня выпадает около 500 мм/год в предгорьях и до 1000 мм/год (иногда и несколько больше) вблизи водораздела. На восточных склонах осадков уже вдвое меньше — даже в самых высоких горах их сумма составляет 500–700 мм/год. Напомним, что самые высокие вершины горного обрамления севера Западной Сибири изредка и не намного превышают высоту 1500 м, что значительно ниже климатической снеговой границы. Если бы не специфика ветрового режима, обеспечивающего значительное перераспределение выпавших твёрдых осадков, то даже малые формы ледников на Урале, которые распространены здесь сегодня, не могли сформироваться.

То же самое относится к горному обрамлению севера Западной Сибири на востоке, где

аналогичные малые ледники установлены в горах Бырранга и на плато Путорана — в первом случае вершины изредка превышают отметку 1000 м, во втором — 1500 м. В криохроны плейстоцена криоаридизация климата усиливалась [36, 46], а депрессия нижней границы хионосферы вызывала сближение уровней климатической и местной снеговой линии, поэтому рассматриваемые ледники становились зонально обусловленными, однако крупными они быть не могли. Даже при максимально допустимой величине депрессии климатической снеговой линии в 1000 м область ледосбора в горном обрамлении севера Западной Сибири всё равно могла охватывать лишь самые высокие вершины, и оледенение в условиях растущей криоаридизации могло быть только горным.

Продолжим сравнения и расчёты. Как известно, отеплённых потоков льда в Сибири нет даже сегодня — в период типичного для квартера термохрона; все ледники здесь холодные [36, 37, 46]. Поверхностные, быстрее всего смещаемые вниз слои льда движутся даже у крупнейших из них медленно. На северо-востоке Сибири скорость перемещения поверхностных слоёв льда у крупнейших ледников (их длина достигает почти 10 км) составляет менее 10 м в год. Не намного больше она и у более крупных алтайских ледников (они самые большие в Сибири) — скорость движения поверхностных слоёв льда у них увеличивается до 15–20 м в год [21]. Возьмём эти величины за основу. Отметим только, что в нашем случае сравнение с движущимися с большой скоростью крупными тёплыми ледниками не корректно, как не корректно и сравнение с выводными потоками холодных ледниковых щитов. Например, поверхностные слои льда на выводном леднике Шокальского на Новой Земле при впадении в океан движутся со скоростью до 150 м в год, тогда как вблизи фирновой линии скорость в 10 раз меньше — такая же, как и на ледниках Сибири [21]. Причина в том, что быстродвижущийся в краевой части щита лёд принадлежит отдельному потоку льда в ледяных берегах основного ледника, который не ограничен в своём движении трением о близлежащие борта и днище долин. На горных ледниках Сибири, текущих в узких трогах, таких ситуаций не возникает.

Допустим также, что можно не учитывать тот факт, что при большем охлаждении горные лед-



Рис. 1. Основные горные сооружения севера Западной Сибири и направление воздействия доминирующих процессов на его территорию в плейстоцене.

Цифры на сносках – участки работ в пределах Сибирских Увалов

Fig. 1. Main mountain structures in the North-West Siberia and the influence direction of the dominating processes on its area in the Pleistocene.

Numbers in the footnotes – work sites in the Siberian Uval

ники в криохроны будут двигаться существенно медленнее. Кроме того, предположим, что при похолодании климата в криохроны квартера ледники будут только наращивать свою длину за счёт продвижения поверхностных слоёв льда, не тормозя у ложа и не подтаивая в краевой части. Такое в условиях континентального климата Сибири в принципе невозможно, но сохраним эти допущения. Даже такие простейшие расчёты дают интересные цифры: продвижение потоков льда в горном обрамлении севера Западной Сибири при всех отмеченных в сторону его завышения допущениях может максимально составлять 15–20 км за 1 тыс. лет. Иными словами, за время 20-тысячелетнего климатического цикла, типичного для плейстоцена, и при таких допущениях за основное время криохрона (немалая часть цикла приходится также на термохрон) потоки льда из ледниковых центров в горном обрамлении Сибири в лучшем случае смогут преодолеть расстояние примерно в 150–200 км (если убрать сделанные допущения, то реальные цифры будут существенно меньше). Это, в свою очередь, озна-

чает, что ледники Таймыра в криохроны должны остановиться вблизи предгорий, даже не выходя в пределы Западно-Сибирской равнины (что подтверждается последними данными [5]). Тогда как потоки льда из ледниковых центров в более высоких северных отрогах Урала и плато Путорана [7], расположенных ближе к этой равнине, лишь при максимальном продвижении могут достигнуть границы предгорий, формируя здесь шлейфы ледников подножий (рис. 1).

Что касается архипелага Новая Земля, лежащего на продолжении Уральских гор, то некоторые исследователи предполагали в квартере перетекание отсюда потоков льда на материк. О нереальности разрастания имеющихся там ледников в криохроны квартера до такой степени, чтобы они могли преодолеть прилегающие к островам достаточно глубокие (более 400 м) впадины на дне моря, писалось уже после проведения МГГ в монографиях так называемой «зелёной» серии [33]. В лучшем случае [6] плейстоценовые потоки льда с Северного острова Новой Земли могли наползать на Южный

остров и соединяться с горными и предгорно-шлейфовыми ледниками Урала (см. рис. 1). Не углубляясь в идущую полемику, отметим гляциологические моменты. Ледники Новой Земли расположены примерно на той же широте и высоте, что и малые ледники в горах Бырранга. У них близкие значения абляции, но Новая Земля существенно лучше увлажнена, так как со стороны Атлантики получает 500–800 мм/год атмосферной влаги, что при фирново-ледяном питании её ледников обеспечивает развитие достаточно крупных форм оледенения. В горах же Бырранга, находящихся в глубине материка, выпадает в полтора раза меньше осадков – 400–500 мм/год – даже вблизи водоразделов, и здесь существуют только навейные ледники малых форм [21]. Если не принимать во внимание улучшенное питание ледников Новой Земли, которое было при усилении криоаридизации (см. выше), то они окажутся в гораздо менее благоприятных условиях. Пусть не таких, как в горах Бырранга, но явно не обеспечивающих многократное разрастание ледников и их глубокое проникновение на материк, что и отмечено в монографиях «зелёной» серии [33]. Неуместны и сравнения с находящимся также в условиях развитой криоаридизации современным материковым ледниковым покровом Антарктиды. Последний непрерывно существует миллионы лет, а рассматриваемые ледники Сибири медленно разрастаются в геологически краткие криохроны и быстро сокращаются в термохроны, что при малой энергии оледенения (по [41]) делает невозможным их развитие до стадии материкового ледника.

В роли индикатора, очерчивающего ареал распространения ледников, чётко выступают повторно-жильные льды (ПЖЛ). Формируясь при температуре ММП в среднем равной $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, они фиксируют факт своего образования в условиях холодной малоснежной зимы и тёплого, пусть и короткого лета, и своей ненарушенностью демонстрируют отсутствие на них сверху какого бы то ни было ледового воздействия. Сегодня такие льды, сформировавшиеся, как минимум, в позднем плейстоцене, широко развиты на всей территории Приморской низменности, а следы их развития в виде псевдоморфоз прослеживаются и на левобережье Средней Оби, фиксируя отсутствие на всей этой территории

древних ледников. Если не обращать внимания на конкретные гляциологические показатели, то возможны разночтения даже в отношении известных понятий. Так, несмотря на то, что большинство мерзлотоведов пришли к выводу об отсутствии возможностей для покровного ледника в Западной Сибири, В.Н. Балобаев, будучи мерзлотоведом и установив на её севере [4] современную агградацию ММП, постулировал, что такая аномалия вызвана теплоизолятором, роль которого мог играть ледниковый щит. Нелогичность этого постулата раскрывается следующим образом. Лёд не относится к теплоизолятору; у него довольно высокий коэффициент теплопроводности – $2,2\text{--}2,4\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, т.е. он того же порядка, что у скальных пород. Теплоизолятор – снег, а та часть ледникового щита, которая должна была бы лежать на равнине, относилась бы к области абляции – области малоснежной, часто вообще свободной от снега, поэтому она не могла быть хорошим теплоизолятором. Роль теплоизолятора в данном регионе более реальна для пассивных снежно-фирновых образований [5].

Связь аномалий мощности криолитозоны, освещённых в [4], с предполагаемыми ледниковыми покровами больше отражает разночтение понятий. Ледник – поток льда, а осадочно-метаморфическое образование снежного генезиса, пусть многолетнее и обширное, но не обладающее течением, это снежник – иная форма оледенения. Первым о покрытии ими севера Сибири написал Э.В. Толль [32], и в развитие его взгляда была предложена модель эмбрионального оледенения [13] с обширными снежниками на северных равнинах и ледниками в горах. Признан этот подход и в работе М.Г. Гросвальда [14]: там упомянуто о «покрове Толля», оставившем реликты «ледово-фирновой толщи, которая возникла в море в начале оледенения, села на дно..., а затем была занесена песком и илом». (Позднее [15] этот автор встал на позиции максимализма, и в его моделях речь стала уже идти о глубоко вторгающихся из Арктики в область ПЖЛ потоках льда, с чем нельзя согласиться). В целом, и отмеченные в исследовании [4] аномалии мощности криолитозоны хорошо объясняются в свете существования в прошлом на шельфе тонкого, сопряжённого с зоной ПЖЛ обширного снежника. Собственно его, ско-

рее всего, и подразумевал В.Н. Балобаев, когда писал, что [4, с. 140] «на шельфе и соседних равнинах существовал неподвижный ледник, формировавшийся в процессе длительного накопления той части снега, которая не могла растаять за короткое лето».

Тем не менее, некоторые исследователи не учитывают, насколько их модели согласуются с имеющейся гляциологической информацией, и настаивают на материковом оледенении региона чаще на основе умозрительных заключений. Например, фиксируя параллельно побережью Северного Ледовитого океана линейно-грядовые формы рельефа, где иногда отмечаются эрратические валуны, они, не вникая в детали развития этих форм, считают их свидетельством продвижения на Западно-Сибирскую равнину потока льда, сформировавшегося на месте промёрзшего Карского моря [2, 15, 47]. Поскольку эта модель стала частью крупного проекта QUEEN [47], попробуем детальнее разобраться в данном подходе с позиции имеющейся гляциологической информации. Согласно упомянутому предположению, в криохроны квартера Карское море должно было полностью промерзнуть, а на его поверхности нарастать большая масса льда, которая ложилась на дно и в итоге здесь формировался гигантский ледниковый щит. Есть много подходов к расчёту нарастания льда в водоёмах. Обычно используют эмпирические зависимости толщины льда в водоёмах от суммы отрицательных температур, которые строятся как аппроксимация в виде соотношения [27, 29]

$$h(t) \cong K \sqrt{\theta(t)},$$

где $\theta(t)$ – сумма отрицательных температур воздуха с осреднением Δt за период t ; K – эмпирический поправочный коэффициент, учитывающий свойства льда в разных ситуациях при нарастании его до величины h за период t .

Даже в упрощённых построениях, т.е. не обращая внимания на отличия поправочных коэффициентов у разных авторов, очевидно, что для наращивания толщины льда h на порядок величина под радикалом должна быть увеличена на два порядка. А для наращивания толщины льда по сравнению с современным её значением на два порядка в окружающей среде необходимо охлаждение на четыре порядка более сильное. Уже первый посыл, не говоря о втором,

плохо согласуется с отмеченными палеоклиматическими моделями. Так, согласно [43], в высоких широтах Северного полушария в криохроны среднегодовая температура воздуха опускалась максимум на 12–15 °С, т.е. она по сравнению с современной была вдвое ниже. Представить себе охлаждение региона сильнее на порядки, т.е. в сотни и более раз, во время криохронов квартера нереально при любых допущениях.

Модель полного промерзания Карского моря в целом больше умозрительна, чем эмпирична. Сегодня максимальная толщина пакового льда в Арктике составляет 3–4 м, осадков там мало, нарастание снега идёт на льду медленно; в любом случае прирост снежно-ледовой толщи демпфируется её таянием снизу, причём накапливающийся сверху снег ослабляет промерзание под ним. Единственный вариант, чтобы лёд лёг на дно – промерзание всей водной толщи. Вне шельфа глубины в Карском море нередко превышают 200 м, а в отдельных случаях – 400 м, и для его промерзания требуется нереальное увеличение суммы отрицательных температур воздуха (на два порядка) при также нереальном полном блокировании Северного Ледовитого океана. Что касается упомянутых, вытянутых субширотно линейно-грядовых форм рельефа, то авторы провели их специальное, наряду с изучением связанных с ними следов оледенения, исследование. Рассмотрим полученные результаты.

Результаты изучения и интерпретация непосредственных следов оледенения на севере Западной Сибири

Репрезентативным центром оледенения, откуда ледники потенциально могли спускаться в пределы Западно-Сибирской равнины, могут служить северные отроги Урала – самые высокие и первые получающие влагу западных воздушных потоков. Современные ледники здесь невелики по размерам, но они доступны и на них проведены разноплановые исследования, которые позволяют решать поставленную проблему весьма продуктивно. В последние годы на Полярном Урале (см. рис. 1) выполнены исследования, которые подтвердили, что в сартанский криохрон криоаридизация обстановок в регионе фактически приводила к тому, что опускание

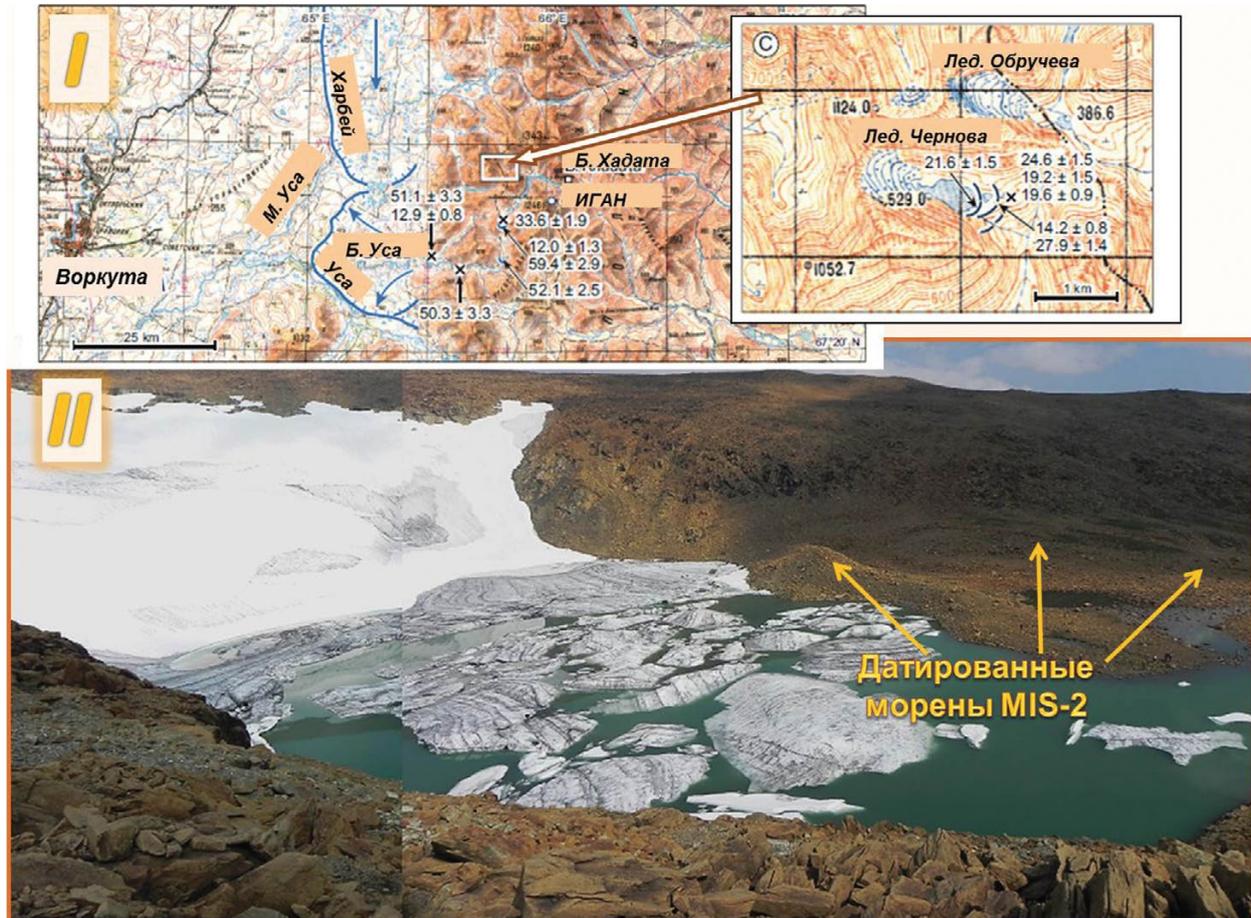


Рис. 2. Расположение современных ледников и морен древнего оледенения на Полярном Урале: *I* – схема по [45] с показом направлений древних потоков льда (синие стрелки) и датировками морен вблизи современных ледников Полярного Урала по ^{10}Be ; *II* – один из этих ледников в массиве Рай-Из, ледник Романтиков; июль 2012. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Fig. 2. Position of modern glaciers and moraines of ancient glaciation in Polar Ural: *I* – scheme after [45] with the demonstration of ancient ice flows (blue arrows) and absolute dates of the moraines near the Polar Ural modern glaciers by ^{10}Be ; *II* – one of those glaciers in the massif Ray-Is, Romantic's Glacier; July 2012. Photo from V.S. Sheinkman's archive

климатической снеговой линии приближало её к уровню современной местной границы питания на ледниках, обусловленной ветровым переносом снега. Это наглядно продемонстрировали результаты датирования по ^{10}Be , проведённого на моренах вблизи современных ледников Полярного Урала группой Я. Мангеруда [44]. На рис. 2 показаны результаты датирования, один из современных ледников и примерное расположение лежащих вблизи конечных морен, возраст которых оказался сартанским – MIS-2. Иными словами: азональные современные ледники Урала и становившиеся зональными формы оледенения во время последнего, сартанского, криохрона по своим размерам мало отличались друг

от друга. Ниже сартанских морен долины также обработаны ледниками (рис. 3). А ниже устья трогов хорошо выражены (рис. 4) конечно-моренные комплексы более древних ледников подножий. Датирование по конечным моренам, выдвинутым в предгорья на расстояние примерно 50 км от современных ледников (см. рис. 2), показало [44], что они отложены в позднезырянское время – MIS-4. Это хорошо согласуется с результатами датирования [35], полученными ранее одним из авторов настоящей статьи в горах юга Западной Сибири.

Однако морены максимального продвижения ледников должны быть [35, 36] выдвинуты дальше в предгорья и отложены ледниками,



Рис. 3. Долины, обработанные позднеплейстоценовыми ледниками в массиве Рай-Из, Полярный Урал, июль 2012. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Fig. 3. Valleys processed by the Pleistocene glaciers in the massif Ray-Is, Polar Ural; July 2012. Photo from V.S. Sheinkman's archive



Рис. 4. Конечные морены и межморенные озёра, оставшиеся в предгорьях массива Рай-Из, Полярный Урал, на месте расположения прежнего ледника подножий, июль 2012. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Fig. 4. End moraines and inter-moraine lakes left at an area of the former foothill glacier in the massif Ray-Is, Polar Ural, July 2012. Photo from V.S. Sheinkman's archive

наступавшими в самое благоприятное для них время – в MIS-5b и MIS-5d – после завершения первого крупного термохрона позднего плейстоцена, имевшего место в начале последнего 100-тысячелетнего климатического цикла. Данных по таким моренам в работе [44] представлено не было, тем не менее можно предположить, что далеко от предгорий даже ледники максимального продвижения не выходили: по крайней мере, в пределах 100 км от центров оледенения поверхностные отложения уже полностью

теряют вид моренного шлейфа, хотя разрозненные валуны прослеживаются до самой долины Оби. Больше всего россыпей валунов в долине Оби там, где она прорезает Сибирские Увалы – самую крупную линейно-грядовую форму рельефа на севере Западной Сибири. Это – морфологически невысокая гряда с максимальной высотой до 285 м. Однако в целом она представляет собой грандиозное сооружение, вытянутое в субширотном направлении от предгорий Северного Урала до устья Подкаменной Тунгуски

(см. рис. 1). Её ширина составляет около 300 км, а протяжённость примерно 1500 км.

Сибирские Увалы протягиваются главным образом вдоль течения Средней Оби, образуя правый борт её долины. Форма в виде гряды и наличие каменных обломков в составе отложений, слагающих тело Сибирских Увалов, долгое время служили основанием для выводов, что это сооружение представляет собой остатки конечной морены, фиксирующей границы бывшего материкового ледника. Грандиозность сооружения подразумевала соответствующие размеры ледника — он должен был занимать всю северную часть Западно-Сибирской равнины [2, 3, 20]. Однако в последнее время [24–26], как и 30–40 лет назад [1, 33], это мнение активно оспаривается, в том числе и авторами настоящей работы, которые считают, что формирование гряды связано с деятельностью четвертичных ледников только опосредствованно. Считать Сибирские Увалы конечной мореной, поскольку они имеют форму вытянутой в субширотном направлении гряды, заманчиво, но уже первые детальные исследования пород, слагающих тело гряды, убедительно показали [24], что это — иное образование. В результате наших собственных исследований [39] установлено, что в основе своей Сибирские Увалы относятся к сложно построенной системе обских террас — блоку осадочных, преимущественно песчаных пород, поднятых тектоническими движениями по древним, обновлявшимся в квартере разломам. Причём большая часть отложений, слагающих это сооружение, не содержит каменных обломков, которые присутствуют в слоях вблизи дневной поверхности.

У отдельных, прилегающих к Уралу и долине Енисея наиболее приподнятых блоков осадочных пород в Сибирских Увалах высота превышает 250 м (максимальная отметка — 285 м), но на большей их части она вдвое ниже — 110–120 м, иногда 130–140 м. Эти блоки представляют собой выровненную, периодически расчленяемую водотоками террасированную поверхность, которая охватывает Сибирские Увалы между меридиональным участком долины р. Обь и верховьями р. Таз (см. рис. 1). Строение всего сооружения Сибирских Увалов однородно — в основном оно сложено аллювиальными и аллювиально-озёрными жёлтыми песками, которые иногда череду-

ются с глинами. Споры порождено вкрапление в них эрратических валунов, в разных частях Сибирских Увалов представленных обломками горных пород разного состава и размера.

В западной части Увалов, прилегающей к Уралу, в них врезана долина Оби. Глубина реки 10–15 м, по обоим её берегам здесь просматриваются песчаные обрывы 30-метровой террасы (рис. 5, а), но на отмелях повсеместно присутствует валунный материал, иногда образующий почти сплошной покров. Он тянется на протяжении километров вдоль долины, причём обломки, резко выделяющиеся на фоне песчаного аллювия, могут быть весьма крупными и нередко достигать 2–3 м в поперечнике. И на левом, и на правом берегу Оби они в основном представлены гранитоидными породами, которые, согласно результатам исследований В.П. Парначева, принесены с северных отрогов Урала. Валунны покрыты коррозионной коркой толщиной 1–2 мм, демонстрирующей долгое пребывание их в водной среде (см. рис. 5, а). На исходном происхождении валунов мы остановимся далее, а сейчас отметим, что одна часть из них находится здесь в результате современного ледового переноса по водотокам, текущим с Урала во время ледохода, — об этом свидетельствуют рассказы встреченных авторами очевидцев. Другая часть валунов вымывается из песчаной толщи тела Увалов и скапливается на отмелях.

Иная картина наблюдается в центральной части Сибирских Увалов. Здесь их поверхность снижается до 110 м, и для неё не характерна расчленённость с глубокими врезами водотоков и чётко просматриваемым в обрывах строением слагающей Увалы толщи. С помощью шурфов на разных участках установлено, что характер отложений и в этой части Увалов не меняется, но другими становятся состав и размеры вкрапленных в песчаную толщу валунов — они обычно не превышают в поперечнике 0,5 м и представлены преимущественно базальтовыми породами (см. рис. 5, б), в основном долеритами, перемещёнными, как показали исследования В.П. Парначева, из пределов Средне-Сибирского плоскогорья, преимущественно с плато Путорана.

Те же, но более ярко выраженные черты просматриваются в строении восточной части Сибирских Увалов, прилегающей к Средне-Си-



Рис. 5, а–в. Слабоокатанный, покрытый коррозионной коркой крупнообломочный материал, исходно вкрапленный в тело террас, вымытый из них и перенесённый к их подножию:
a – принесённый с Урала, долина р. Обь, участок 1 на рис. 1; *б* – извлечённый из песчаной толщи, вскрытой шурфами в теле Сибирских Увалов, верховья р. Пур, участок 2 на рис. 1; *в* – принесённый со Среднесибирского плоскогорья, долины р. Вах, участок 3 на рис. 1

Сентябрь, 2013. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Fig. 5. Slowly rounded and covered by corrosive crust rough clastic material, initially included in the 30-m terrace body, and washed away thereafter, and moved to the terrace foot:

a – derived from the Polar Ural, Ob’ river valley, site 1 on the Fig. 1; *b* – extracted from the sandy thickness disclosed by pits in the body of Siberian Uval, Pur River upper reach, site 2 on the Fig. 1; *v* – derived from the Central Siberian Uplands, Vakch River valley, site 3 on the Fig. 1. September 2013. Photo from V.S. Sheinkman’s archive



бирскому плоскогорью. Их тело прорезано верховьями р. Вах, и здесь чётко просматривается строение преимущественно песчаных террас (см. рис. 5, в), высота которых, как и в долине Оби, составляет около 30 м. Вкрапленный в них каменный материал вымывается и скапливается на отмелях, иногда покрывая их сплошным чехлом (см. рис. 5, в). Это — неоднократно перемытые валуны и галька, долго находившиеся в водной среде, на что указывает покрытие их коркой коррозионных пород толщиной 1–2 мм (см. рис. 5, в). Здесь, как и в центральной части Увалов, валуны сложены породами в основном базальтового ряда — преобладают тёмно-синие, порой почти чёрные долериты, перемещённые, по данным аналитических исследований В.П. Парначева, со Средне-Сибирского плоскогорья, главным образом с плато Путорана.

От поверхности до основания 30-метровой террасы было сделано несколько зачисток. Каменный материал оказался вкраплен в тело террас в основном в верхней части разреза; наиболее насыщен им слой в интервале 4–8 м от поверхности. Мощность этого интервала в разных местах террас может несколько изменяться, но в целом она хорошо выдержана. Ниже по разрезу каменные обломки отсутствуют. Размеры самых крупных валунов не превышают 0,5 м

в поперечнике. Характерно, что эрратический материал несёт черты, которые присущи обломкам, перемещаемым ледником, — валуны слабо окатаны, часто имеют форму утюга и иногда покрыты царапинами и бороздками (рис. 6).

Таким образом, исследование состава каменного материала в теле Сибирских Увалов показало, что в западной их части он поступает с северных отрогов Урала, а в центральной и восточной — со Средне-Сибирского плоскогорья, преимущественно с плато Путорана. Первично этот материал имеет ледниковое происхождение. И здесь встаёт вопрос, каким образом он мог быть включён в состав песчаного аллювия с характерными чертами отложений спокойной равнинной реки, формируемых длительного времени. Чтобы объяснить происхождение такого материала, напомним, что, с позиций криологии Земли, разрастание ледников в горах севера Западной Сибири реально, но они, в отличие от покровных образований на севере Европы, были локальными и их воздействие ограничивалось предгорьями. В строении же отложений Западно-Сибирской низменности к северу от Сибирских Увалов отражён лишь ход криогенеза и саморазвития текущих здесь рек, менявших свой режим под влиянием тектонических процессов и морских трансгрессий со



Рис. 6. Валуны, вкрапленные в тело 30-метровой террасы в верховьях р. Вах. Сентябрь, 2013. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Fig. 6. Boulders included in the body of 30-m terrace in the upper reach of Vakh River. September 2013. Photo from V.S. Sheinkman's archive

стороны Северного Ледовитого океана [8–10, 23, 40]. Изучение морен в долинах рек, текущих с северных отрогов Урала, на всём протяжении плаща первичных ледниковых отложений от современных ледников до границ максимально возможного их перемещения показывает, что длина древних ледников в этом самом крупном центре оледенения на севере Западной Сибири не превышала 100 км. Они были в состоянии сформировать предгорные шлейфы ледников подножий, но не достигали долины Оби и не перегораживали её, что согласуется с приведёнными здесь расчётами.

Собственно сооружение Сибирских Увалов — это, безусловно, сложно построенная система речных террас. Форма в виде гряды широтного простирания образовалась вследствие тектонического поднятия крупного блока земной коры на правобережье Средней Оби по системе древних, но обновлённых в квартере разломов, которые чётко фиксируются на специальных геологических картах. Эти разломы отмечаются и в работе И.Л. Кузина [23]. Перемытый каменный материал в составе Увалов, вкрапленный в песчаные отложения террас, по своему харак-

теру, несмотря на первичное ледниковое происхождение, не может быть ни одним из видов морен. Нереален и разнос каменного материала на огромном пространстве Западно-Сибирской равнины и на таком удалении от её горного обрамления путём геологической деятельности водотоков. Реально разнос может быть результатом только одного процесса — айсбергового перемещения с ледников, формировавшихся в горном обрамлении севера Западной Сибири во время трансгрессии моря с севера. Однако такой разнос возможен только, когда трансгрессия моря достигала предгорий, к которым в тот период спускались ледники, что, казалось бы, противоречит известным схемам, согласно которым во время глобальных похолоданий климата ледники изымают из океана часть воды и консервируют её. С такими периодами связано опускание уровня Мирового океана.

Таким образом, в данном случае трансгрессия моря должна совпадать с криохронями, во время которых разрастались ледники, что может показаться парадоксальным. Однако Северный Ледовитый океан — это молодой, раскрывающийся океан, что подчёркивается

пересечением его срединно-океаническими хребтами. Вполне вероятно, что именно в нём тектонические процессы могли спровоцировать наклон северной части Западно-Сибирской плиты с юга на север, что повлекло за собой затопление морем её северной части и субширотное поднятие блока отложений, слагающих низменность на правобережном отрезке вдоль современного течения Средней Оби.

Время поднятия установлено ^{14}C -датированием по палеопочвам основной террасы, имеющей поверхность на отметках примерно 110–120 м. В распоряжении авторов уже имеется несколько возрастных определений по отложениям отмеченной террасы в восточной части Сибирских Увалов. Обнаруженные здесь палеопочвы относятся, как показал анализ, к типу болотных гидроморфных почв. Их материал хорошо датируется радиоуглеродным методом. В верховьях р. Сабун, правого притока р. Вах, в верхней части разреза террасы (в 1,5–2 м от поверхности), непосредственно под слоем, насыщенным валунами (он здесь находится несколько ближе к поверхности), обнаружен горизонт глинистых отложений с развитыми почвами отмеченного типа мощностью примерно 1 м. Согласно радиоуглеродному датированию, его калиброванный возраст – 23,7–25,8 тыс. лет (СО АН 7550). В нижней части разреза ^{14}C -датирование аналогичных глинистых горизонтов с палеопочвами показало возраст > 40 тыс. лет (СО АН 7551, СО АН 7552).

Полученные датировки показывают, что отложения вблизи поверхности террасы формировались в субаэральных условиях в сартанский криохрон, а в основании террасы – как минимум, в зырянское время. Никакие ледники в это время сюда, на правобережье современной Средней Оби, не продвигались, но для плавающих льдин с вмороженным в них каменным материалом эта территория в сартанский криохрон была доступна. Объяснить это можно тем, что в позднем квартере северная часть Западно-Сибирской плиты испытывала тектонические движения разного знака, периодически подвергалась воздействию трансгрессий со стороны Северного Ледовитого океана и одна из трансгрессий совпала с последним криохроном – сартанским. Во время его развития уровень внедрившегося на сушу моря подступал к

основанию горного обрамления севера Западной Сибири, куда в то время из центров оледенения спускались ледники и от них откалывались небольшие айсберги, которые, плавая по морю, разносили по нему включённый в лёд каменный материал. Однако в конце позднего квартера вся толща отложений вдоль современного правобережья Средней Оби была поднята над её урезом примерно на 30 м и сформировала правый борт долины.

Заключение

Изложенные данные показывают, что в образовании четвертичных отложений на севере Западной Сибири участвовали различные процессы. Частично это была деятельность ледников, спускавшихся на равнину из центров оледенения в обрамляющих север Западной Сибири горах. Немаловажная роль принадлежала процессам тектоники, непосредственно с которыми были связаны аккумулятивно-эрозионное воздействие Оби и трансгрессии моря со стороны Северного Ледовитого океана. Всё это протекало на фоне глубокого многолетнего промерзания горных пород [8–10, 23, 40]. Изучение морен на всём протяжении долин от концов современных ледников на Полярном Урале до образований максимального продвижения древних потоков льда подтвердило наш прежний вывод [37, 39, 46], что оледенение и в данной части горного обрамления Западной Сибири морфологически было только горным. Лишь в максимум своего развития ледники могли выходить в межгорные котловины и предгорья, но, формируясь в области криолитозоны в условиях развитой криоаридизации и будучи в этих условиях не в силах продвинуться далеко от устьев трогов, окаймляли их ледяными полями ледников подножий гор.

Принимавшаяся за остатки морены гряда Сибирских Увалов к ней не относится. Наши исследования показали, что Сибирские Увалы представляют собой сложно построенную систему террас р. Оби – блоков осадочных пород, поднятых тектоническими движениями по древним разломам, обновлявшимся в четвертичное время. Эрратический материал, присутствующий в террасах и исходно имеющий ледниковое происхождение, был включён в песчаную толщу Сибирских Увалов во время айсбергового разно-

са в сартанское время, когда обусловленная тектоническими движениями трансгрессия моря со стороны молодого, раскрывающегося Северного Ледовитого океана совпала с последним позднеплейстоценовым криохроном. Авторы работы [23] считают, что весь блок Сибирских Увалов был поднят в третичное время, а затем происходило только его скульптурное оформление. Возможно, это справедливо для наиболее поднятых частей Сибирских Увалов, прилегающих к Уральским горам и долине Енисея. Однако основная их территория, по крайней мере, между меридиональным участком долины Оби и верховьями р. Таз, согласно датированию сформированной здесь 30-метровой террасы, в позднем плейстоцене (сартанское время) была поднята до высоты 110–120 м.

Ледники для обстановок, в которых они находятся, — чуткий индикатор баланса тепла и влаги, и раскрытие их ритмики сегодня крайне актуально, поскольку от получаемых результатов зависит надёжность анализа тенденций текущего потепления климата — важнейшего фактора изменений окружающей среды. В Сибири моделирование подобных процессов будет правомерным только с учётом развития здесь оледенения в условиях криолитозоны, в обстановке развитой криоаридизации. Анализ с таких позиций полученного материала убедительно показывает, что нигде в Сибири, как в горах, так и на прилегающих к ним предгорных равнинах, оледенение не было покровным и тяготело к ледниковым центрам в горах. Ледяные поля ледников подножий формировались только в приустьевой части трогов.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы РАН — ОНЗ-12 и интеграционного проекта СО РАН № 144.

Литература

1. Авдалович С.А., Биджиев Р.А. Каргинские морские террасы на севере Западной Сибири и проблемы сартанского оледенения // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1984. № 1. С. 89–100.
2. Астахов В.И. Средний и поздний неоплейстоцен ледниковой зоны западной Сибири: проблемы стратиграфии и палеогеографии // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2009. № 69. С. 8–24.
3. Архипов С.А. Хроностратиграфическая шкала ледникового плейстоцена севера Западной Сибири // Плейстоцен Сибири. Стратиграфия и межрегиональная корреляция. Новосибирск: Наука, 1989. С. 20–31.
4. Балобаев В.Т. Новые аспекты в теории формирования ледового комплекса арктических низменностей // Материалы Третьей конф. геокриологов России. Т. 1. М: изд. МГУ, 2005. С. 138–145.
5. Большианов Д.Ю. Пассивное оледенение Арктики и Антарктики. СПб.: изд. ААНИИ, 2006. 286 с.
6. Большианов Д.Ю., Анохин В.М., Гусева Е.А. Новые данные о строении рельефа и четвертичных отложений архипелага Новая Земля // Геолого-геофизич. характеристики литосферы Арктического региона: Тр. ВНИИОкеангеологии. 2006. Т. 210. Вып. 6. С. 149–161.
7. Большианов Д.Ю., Антонов О.М., Федоров Г.Б., Павлов М.В. Оледенение плато Путорана во время последнего ледникового максимума // Изв. РГО. 2007. Т. 139. Вып. 4. С. 47–61.
8. Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Широков Р.С., Облогов Г.Е. Эволюция криолитозоны прибрежно-морской области Западного Ямала при изменении климата // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 2. С. 56–64.
9. Васильчук Ю.К. Повторно-жильные льды: гетероцикличность, гетерохронность, гетерогенность. М: Изд-во МГУ, 2006. 404 с.
10. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. Палинологическая индикация неглетчерного происхождения пластовых льдов // Инженерная геология. 2010. № 1. С. 24–38.
11. Величко А.А. К вопросу о последовательности и принципиальной структуре климатических ритмов плейстоцена // Вопросы палеогеографии плейстоцена ледниковых и перигляциальных областей. М.: Наука, 1981. С. 220–246.
12. Говоруха Л.С. Основные черты морфологии и режима современного оледенения Таймыра // ДАН. 1970. Т. 194. № 6. С. 1389–1392.
13. Григорьев А.А. Об оледенении Якутии в четвертичный период // Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода. Вып. 1. Л., 1932. С. 31–42.
14. Гросвальд М.Г. Покровные ледники континентальных шельфов. М.: Наука, 1983. 216 с.
15. Гросвальд М.Г. Арктика в последний ледниковый максимум и в голоцене — океанские выбросы, материковые и морские льды, их движение и связь с климатом // МГИ. 2004. № 96. С. 47–54.
16. Гусев Е.А., Костин Д.А., Рекант П.В. Проблема генезиса четвертичных образований Баренцево-Карского шельфа (по материалам Госуд. Геологич. карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000) // Отечественная геология. 2012. № 2. С. 84–89.

17. Гусев Е.А., Костин Д.А., Маркина Н.В., Шарин В.В., Доречкина Д.Е., Зархидзе Д.В. Проблемы картирования и генетической интерпретации четвертичных отложений арктического шельфа России (по материалам ГКК41000/3) // Региональная геология и металлогения. 2012. № 50. С. 5–14.
18. Данилов И.Д. Полярный литогенез. М.: Недра, 1978. 238 с.
19. Данилов И.Д. Палеогеография арктического шельфа Евразии и прилегающих равнин в позднем кайнозое // Возраст и генезис переуглублений на шельфах и история речных долин. М.: Наука, 1984. С. 37–42.
20. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). Томск: Изд-во ТГУ, 1976. 344 с.
21. Каталог ледников СССР: Т. 3. С. 15–20 / Под ред. О.Н. Виноградова. Л.: Гидрометеиздат, 1966–1981.
22. Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований // Материалы VII Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода: (Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.). Апатиты—СПб. Т. 1. 320 с. Т. 2. 352 с.
23. Кузин И.Л. Новейшая тектоника территории Ханты-Мансийского автономного округа. СПб.: изд. ВСЕГЕИ, 2002. 86 с.
24. Кузин И.Л. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. СПб.: изд. Госуд. полярной академии, 2005. 176 с.
25. Кузин И.Л. Мифы и реалии учения о материковых оледенениях. СПб.: Изд-во «Наследие», 2013. 178 с.
26. Лазуков Г.И. Центры оледенений Западно-Сибирской низменности // Вест. МГУ. Сер. 5. География. 1964. № 6. С. 31–37.
27. Одрова Т.В. Гидрофизика водоемов суши. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 311 с.
28. Пидопличко И.Г. О ледниковом периоде. Происхождение валунных отложений. Вып. 4. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. 336 с.
29. Пиотрович В.В. Расчеты толщины ледяного покрова на водохранилище по метеорологическим данным. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 185 с.
30. Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике. М.-Л.: Гидрометеиздат, 1953. 627 с.
31. Стрелецкая И.Д., Гусев Е.А., Васильев А.А., Рекант П.В., Арсланов Х.А. Подземные льды в четвертичных отложениях побережья Карского моря как отражение палеогеографических условий конца неоплейстоцена – голоцена // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2012. № 72. С. 28–59.
32. Толль Э.В. Ископаемые ледники Новосибирских островов, их отношение к трупам мамонтов и к ледниковому периоду // Зап. РГО. 1897. Т. XXXII. № 1. С. 130–152.
33. Троицкий Л.С., Ходаков В.Г., Михалев В.И., Гуськов А.С., Лебедева И.М., Адаменко В.Н., Живкович Л.А. Оледенение Урала. М.: Наука, 1966. 308 с.
34. Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. Апатиты: изд. Кольского НЦ РАН, 2012. 179 с.
35. Шейнкман В.С. Возрастная диагностика ледниковых отложений Горного Алтая, тестирование результатов датирования на разрезах Мертвого моря и палеогляциологическая интерпретация полученных данных // МГИ. 2002. № 93. С. 17–25.
36. Шейнкман В.С. Четвертичное оледенение в горах Сибири как результат взаимодействия гляциальных и мерзлотных процессов // МГИ. 2008. № 105. С. 51–72.
37. Шейнкман В.С. Оледенение Сибири с позиций криологии Земли // Тр. Десятой Междунар. конф. по мерзлотоведению. Т. 3. Тюмень, 2012. С. 579–584.
38. Шейнкман В.С., Плюснин В.М., Иванов Е.Н., Китов А.Д. Нивально-гляциальные явления в горах Прибайкалья в свете новых данных и новых подходов // Лёд и Снег. 2011. № 4 (116). С. 94–105.
39. Шейнкман В.С., Плюснин В.М. Четвертичное оледенение Сибири и особенности его формирования в условиях криолитозоны // Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Сб. статей VIII Всерос. Совещ. по изучению четвертичного периода. Ростов-на-Дону 10–15 июня 2013 г. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 696–698.
40. Шполянская Н.А., Стрелецкая И.Д., Сурков А.В. Криолитогенез в пределах арктического шельфа (современного и древнего) // Криосфера Земли. 2006. Т. X. № 3. С. 49–60.
41. Шумский П.А. Энергия оледенения и жизнь ледников. М.: Географгиз, 1947. 60 с.
42. Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Сб. статей VIII Всерос. Совещ. по изучению четвертичного периода. Ростов-на-Дону 10–15 июня 2013 г. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦРАН, 2013. 764 с.
43. Kutzbach J., Gallimore R., Harrison S., Behling P., Selin R., Laarif F. Climate and biome simulations for the past 21,000 years // Quaternary Science Reviews. 1998. № 17. P. 473–506.
44. Mangerud J., Gosseb J., Matiouchkov F., Dolvika T. Glaciers in the Polar Urals, Russia, were not much larger during the Last Global Glacial Maximum than today // Quaternary Science Reviews. 2008. № 27. P. 1047–1057.
45. Penck A., Brückner E. Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. 1–3. Leipzig, 1909. 1199 p.
46. Sheinkman V.S. Quaternary Glaciations – Extent and chronology. Chapter: Glaciation in the High Mountains of Siberia. Amsterdam: Elsevier, 2011. P. 883–907.

47. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswelle J.A., Funder S., Gataulling V., Henriksen M., Hjort C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjaer K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Mangerud A.J., Matiouchkov A., Murray A., Moller O., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M.J., Spielhagen R.F., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. № 23. P. 1229–1271.

Summary

Different approaches to the problem of Quaternary glaciation of the North-West Siberia have been considered in the present paper, in which also analysis of glaciological situation has been done for the region. New obtained materials are given to show evidence of ancient glaciation in the Near-Ural region. As well the middle reach of the Ob' River along its right-hand bank has been elucidated. The stated data have clearly demonstrated that diverse geological processes occurred to form the Quaternary deposits in the North-West Siberia. Partly it was an activity of glaciers advanced to the lowland from the centers of glaciation in the surrounding mountains. A role of not small importance belonged also to tectonic processes, which Ob' erosion-accu-

mulative influence and sea transgressions from the Arctic Ocean were connected with. At that all these occurred at the background of deep rock freezing. Study of moraines along the whole length of valleys from the ends of the modern glaciers until the formations of the maximal advance of ancient glaciers confirm our previous conclusion that glaciation also in this part of Siberia could be morphologically of a mountain-valley form only. Developing under conditions of strong permafrost and cryoaridization, the Pleistocene glaciers in the North-West Siberia concentrated in its mountains and did not advance farther than to the foothills. The upland of Siberian Ural, which sometimes has been considered as a moraine relic, presents another formation. It is a completely built system of Ob' terraces representing the blocks of uplift deposits elevated by tectonics along the renewed ancient faults. The conclusion demonstrates that the subsequent spread of the stone moraine material happened as a result of movement of icebergs which broke of the glaciers with the trapped rock debris during sea transgressions from the Arctic Ocean. It has been established that, according to the results of absolute dating of the studied sediments, the Sartan advance of the glaciers, at any rate, concurred with the sea transgression conditioned by tectonic processes in Arctic.