

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-299-309



БЕЗЛЕДНИКОВОЕ РАЗВИТИЕ СЕВЕРА ЗАПАДНОСИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ФАЗЫ ЭПИКРИОГЕНЕЗА, СИНКРИОГЕНЕЗА И ПОСТКРИОГЕНЕЗА

✉ Шейнкман В.С., Седов С.Н.

Институт криосферы Земли, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

✉ vlad.sheinkman@mail.ru

Обобщены данные о палеокриологическом развитии севера Западносибирской низменности в квартере. Информация по региону появилась противоречива, и для снятия противоречий требуются методологические подходы, способные повысить вероятность распознавания и верификации явлений прошлого. База таких подходов – их реализация на основе принципа актуализма: диапазон современных проявлений холодного мира широк, по ним есть надежная параметрическая информация, и именно она позволяет проводить достоверные сравнения процессов настоящего и прошлого методом сопоставительной аналогии. На этой основе проведены репрезентативные реконструкции, и установлено, что развитие региона в квартере шло в условиях, в которых нереально было существование гипераридных холодных пустынь и ледниковых покровов, но активно протекали криогенные процессы различного типа.

Ключевые слова: *Западная Сибирь, плейстоцен, гляциальные явления, криогенез*

Анализ гляциальных событий. В первую очередь насущно оценить с позиций принципа актуализма гляциальные события, имевшие место в квартере. Это одна из самых острых проблем, от решения которой зависит создание достоверной картины развития природы в регионе в целом, поскольку функционирование криогенных геосистем с наличием и отсутствием ледниковых тел идет по-разному, а верификация их остаётся темой острых дискуссий. Тем более что нередко используются противоречащие модели, которые варьируют от оперирования широким распространением на рассматриваемой территории в квартере гигантских ледниковых щитов [Земцов, 1976; Гросвальд, 2009; Svendsen et al., 2014, Möller et al., 2019] до схем с полным их отрицанием [Чувардинский, 2012; Кузин, 2013; Крапивнер, 2018]. Анализ с позиций принципа актуализма позволил, прежде всего, оценить потенциал доминантных элементов криогенно-гляциальных систем (КГС) [Шейнкман, Мельников, 2019], и выявить в их составе объекты, которые могут быть в соответствующих моделях признаны реальными или нереальными.

Примем во внимание, что глубина и объем основных криохронов квартера на шкалах палеоклиматических летописей однотипны (рис. 1). А во время морских изотопных стадий (МИС) 1 – 6, они становились вообще примерно одинаковыми [Lisiecki, Raymo, 2005].

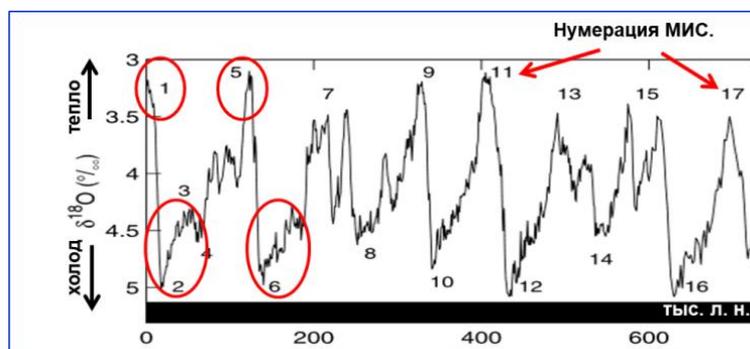


Рис. 1. Палеоклиматическая летопись по [Lisiecki, Raymo, 2005]. Красным овалом выделен ход криохронов и термохронов в конце квартера. Пояснения в тексте.

Условное помещение на пространство Западносибирской равнины ледниковых щитов, как особых порождённых холодом объектов, реально только в случае соответствия критериев его развития законам функционирования КГС, охватывающей это пространство, чего в нашей ситуации не отслеживается. Как причину продвижения на Западносибирскую равнину ледников их сторонники обычно предлагают развитие ледниковых центров в прилегающих к региону горах и на Карском море – проверим эти модели с позиций принципа актуализма.

В модели Карского ледникового щита предполагается промерзание Карского моря, нарастание в нем огромной толщи ледникового льда поверх гидрогенного льда и надвигание его на материк [Гросвальд, 2009; Svendsen et al., 2014]. Обычно расчёт промерзания водоёмов проводится на основе задачи Стефана – в виде эмпирической зависимости толщины льда h от накапливаемой за время t суммы отрицательных температур воздуха θ , функцией которой в определённом приближении может рассматриваться его среднегодовая температура. В итоге строят аппроксимации в виде соотношения: $h(t) \approx K \sqrt{\theta(t)}$, где $\theta(t)$ – сумма отрицательных температур воздуха, с осреднением за период t , и K – поправочный коэффициент, учитывающий свойства льда при его нарастании до величины h за период t . В современных условиях бассейна Арктики часто используют, например, ту же аппроксимацию в виде эмпирической формулы известного исследователя льдов Арктики Н. Н. Зубова [1956]:

$$h = -25 + \sqrt{(h_0 + 25)^2 + 8 \sum (-T)},$$

где h – конечная толщина льда в см; h_0 – начальная толщина льда в см; $\sum (-T)$ – сумма отрицательных температур воздуха в °С за предшествующий началу расчёта период.

Приведенные зависимости ясно показывают: чтобы увеличить на один порядок толщину льда h , определяющие охлаждение территории значения под радикалом должны быть на два порядка больше. Положим в основу современные параметры арктического бассейна, взяв как типичный термохрон, который предшествует криохрону или сменяет его, МИС-1 – с пиком на этапе современности (см. рис. 1). Даже простейшие оценочные расчёты покажут: для нарастания льда до километровой толщины и более льда в Карском, нет условий. Для этого понадобилось бы на порядки увеличивать длительность криохронов и охлаждение территории, что, исходя из знаний климатической ритмики в плейстоцене, нереально.

Плавучий лёд сегодня в наиболее холодных районах Арктики, где он становится многолетним, нарастает до 4 м, а в Карском бассейне частично оттаивает и зимой достигает порой 1,5–2 м [Зубов, 1956; Атлас ..., 1997; Арктический ..., 2017]. Среднегодовая температура воздуха в районе Карского моря в среднем ныне составляет – 10°C - –12°C, а её снижение в криохроны (согласно основным моделям опускания температуры в высоких широтах региона [Kutzbach, 1998]) могло достичь по абсолютной величине лишь вдвое большего, относительно современности, значения. Рост морского льда ограничивается таянием снизу; снега на его поверхности накапливается немного, превращается в осадочно-метаморфический лёд он медленно, поскольку атмосферных осадков ныне выпадает мало – около 300 мм/год, а в криохроны их становилось заметно меньше из-за перехвата идущей в Сибирь влаги формировавшимся в Скандинавии ледником. Кроме того, снежное питание Карского ледникового щита в течение короткого криохрона должно быть обеспечено твёрдыми атмосферными осадками не менее чем на порядок больше, чем сегодня, на что накладывают запрет закономерности общей циркуляции атмосферы [Sheinkman, 2016]. Все это определяет, что климат в Сибири на всех этапах квартала обязан быть сухим и холодным, колеблясь лишь в формате «более и менее сухо» и «более и менее холодно».

Чтобы в такой ситуации морской лёд лёг на дно, путь один – промерзание всей водной толщи. Однако пошаговое решение задачи Стефана, в её модификации для

данного случая, показывает, что за типичный криохрон этого не произойдёт [Шейнкман и др., 2020]: толщина морского льда может нарасти тогда лишь до первых десятков метров. Для промерзания его до дна нужно или продление, на порядок и более, времени протекания криохронов – до нескольких сотен тысяч, вместо первых десятков тысяч, лет, или рост, в течение короткого криохрона, тоже на порядок и более, суммы отрицательных температур воздуха, что отвергают все палеоклиматические летописи. Кроме того, Карский ледник обязан был двигаться по материковому склону в сторону наибольших глубин, а не на континент. Иными словами, допустить даже условно такой ледниковый щит с его надвиганием на материк в рамках развития рассматриваемой КГС не реально даже в самые глубокие криохроны.

Отметим также, что размещение ледникового щита в регионе порой проводится, будучи абстрагировано от реальной ситуации, на основе сопоставления Западносибирской равнины с внешне похожей на неё Русской равниной. Но на Русскую равнину ледник надвигался из Скандинавии, что логично – многие её горы выше 2000 м (высшая точка – 2469 м), имеют большую площадь (>800 тыс. км²), а атмосферных осадков на них ныне оседает от 3000 до 5000 мм/год (порой – до 7000 мм/год) – более, чем на порядок превышая количество осадков на севере Западной Сибири. Питание у ледников (важнейший их параметр) в Скандинавии >300 г/(см²·год) [Атлас ..., 1997], что весьма много: при похолодании климата оно определит быстрое снижение хионосферы, разрастание ледников до крупных размеров и высокое значение, на этапе их роста, энергии оледенения (по [Шумский, 1955]). А горы, окружающие север Западной Сибири, получают в сравнении со Скандинавией осадков на порядок меньше, и они вдвое ниже – высота их обычно до 1000 м (несколько выше 1500 м лишь отдельные массивы Путораны и Полярного Урала), и сегодня они ниже климатической снеговой линии более чем на 1000 м. Фоновое снегонакопление здесь вдвое уступает снеготаянию [Атлас ..., 1997], и при обычном в районе полярного круга на севере региона небольшом количестве осадков (300-400 мм/год) ныне в отмеченных горах развиты лишь малые азональные ледники, существующие за счёт локального накопления в ветровой тени сносимого с окружающих склонов снега. Даже максимально допустимое в криохроны для данного района опускание хионосферы (на величину около 1000 м, или пусть несколько больше [Sheinkman, 2016]) не обеспечит развитие крупных ледников: оно вызовет лишь сближение снеговых линий – местной, связанной с перемещением снега ветром со склонов, и климатической, определяемой общими зональными причинами. Учитывая, что горное обрамление региона было в прошлом существенно ниже [Шейнкман и др., 2020], здесь зона ледосбора у ледников могла охватить в криохроны лишь самую высокую, малую по площади часть гор, и эти ледники, даже становясь зонально обусловленными, все равно остались бы весьма небольшими.

Малая энергия присуща и современным, и древним ледникам Сибири – они образуются по холодному типу [Sheinkman, 2016]. На этапе их роста она определит очень медленное, в отличие от Скандинавии, накопление ледовой массы у них и также медленное их продвижение на весьма ограниченное расстояние. Так что на вход моделей севера Западной Сибири закономерно должны подаваться параметры, негативные для усиления ледникового фактора и благоприятные для промерзания горных пород – быстро образуемые высокоэнергичные ледниковые покровы несовместимы с характерными для региона условиями с глубоким промерзанием горных пород и малым количеством поступающей из атмосферы влаги. Тогда как для формирования холодных, с низкой энергией, ледниковых покровов потребовалось бы в условиях региона увеличить длительность криохронов на порядок и более, что несовместимо с закономерностями климатической ритмики в плейстоцене.

Анализ палеокриогенных явлений. Закономерное отсутствие в квартере ледниковых покровов в регионе определяет широкое развитие в нем палеокриогенных явлений. Но встает вопрос: криогенез какого типа здесь протекал – и в этом плане

информация противоречива. Рассмотрим репрезентативный разрез обрыв 35-м террасы в долине р. Вах вблизи пос. Корлики (ХМАО). Ее бассейн сторонники ледникового покрытия региона продолжают относить к области воздействия так называемого максимального, среднеплейстоценового ледника, хотя в позднем квартере большую часть Западносибирской низменности они показывают не покрытой льдом [Svendsen *et al.*, 2014, Möller *et al.*, 2019]. Противоречие заключается уже в том, что ход криохронов МИС-2 и МИС-6 практически повторяет друг друга (см. рис. 1), и, как было показано выше, набор параметров среды формирования ледников должен быть у них также близким. Никаких следов древних ледников авторы здесь не обнаружили, но выявили спектр палеокриогенных явлений, характеризующих накопление аллювиальных отложений.

Тело террасы (рис. 2-1) секут два уровня палеопочв. По уровню в середине разреза получена наиболее емкая информация: он образован в казанцевское, МИС-5, время – будучи подтвержден запредельными для ^{14}C -метода датами >40 тыс. лет назад (SOAN-7551, SOAN-7552) и >43,5 тысяч лет назад (Beta 410188) и более точной U/Th-датировкой LUU 1298TSD, давшей возраст $103 \pm 9/7$ тыс. лет назад. Характерно, что у данной палеопочвы мощный полигенетический профиль: его суммарная мощность около 2 м (рис. 2-3), он отражает ее длительное и многофазное развитие, и в нем выделяется два субпрофиля, связанных с разными этапами накопления аллювия и фиксируют разные фоновые условия седиментогенеза.

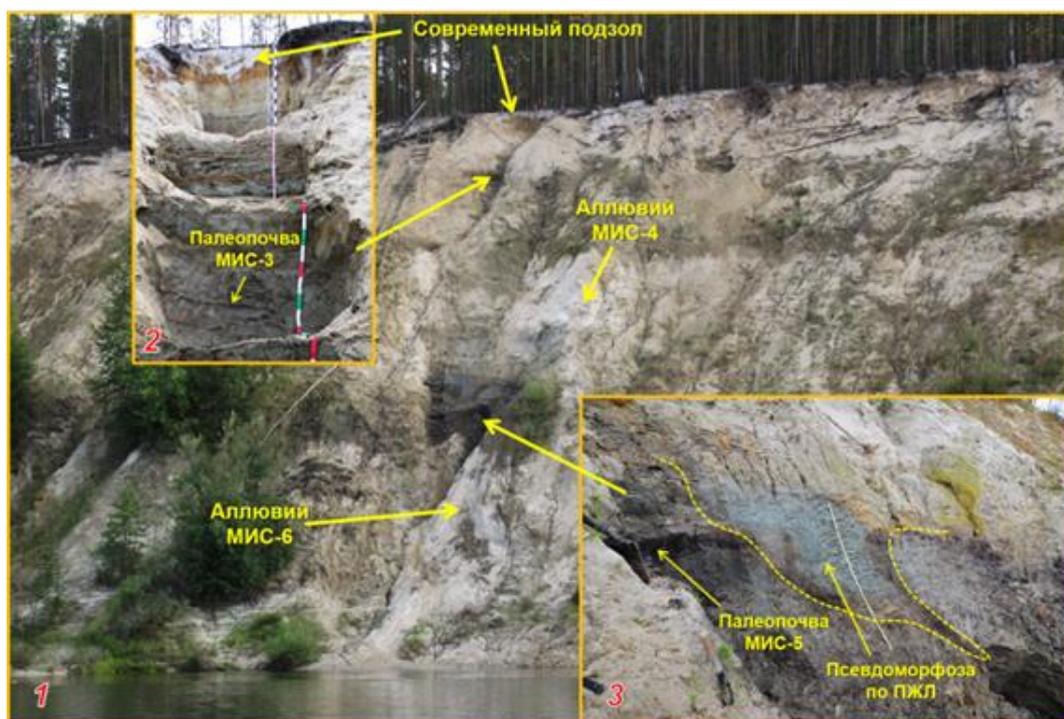


Рис. 2: 1 – общий вид 35- метровой террасы р. Вах; 2 – часть разреза с палеопочвой МИС-3; 3 – часть разреза с палеопочвой МИС-5. Фото В.С. Шейнкмана.

Верхний субпрофиль маломощный: для него характерен оглеенный, с железистыми пятнами и разводами горизонт мощностью около 15 см, причем он не отделен от кровли нижележащего профиля горизонтом материнской почвообразующей породы, образуя с нижним субпрофилем единый педокомплекс. Также по простиранию верхнего субпрофиля прослеживается тонкий серый гумусо-глеевый горизонт, который активно подвергался мерзлотным деформациям. Остальная часть педокомплекса падает на нижний субпрофиль. Он по строению сложнее: верхняя часть у него – торфянистый горизонт, содержащий фрагменты слаборазложившейся древесины, и под ним залегают серо-сизые гумусовый и минеральный горизонты с признаками застойного оглеения. Таким образом, в нижнем субпрофиле есть признаки процессов, относящихся к различным фазам

почвообразования. Фиксация оглеения и накопления в его верхнем горизонте слаботоразложившейся органики указывает на застойное переувлажнение, а учитывая геоморфологическую приуроченность разреза к сложенной хорошо дренируемым песчаным аллювием террасе и принимая во внимание состав подстилающих профиль отложений – пески с высокой водопроницаемостью, реально предположить, что причиной застоя влаги был мерзлый водоупор в основании в профиле.

Исследованиями шлифов из горизонтов нижнего субпрофиля показало, что в торфянистом горизонте слаботоразложившиеся растительные остатки имели субпараллельную ориентацию, а отдельные фрагменты растительных тканей включены также в минеральную массу лежащего ниже горизонта – в результате процессов, обусловленных криотурбациями. Обнаружены внизу этого горизонта и глинистые, не связанные с порами почвы, натёки, причем деформированные и также включенные в основную массу горизонта. Следовательно, строение данного субпрофиля на одном этапе педогенеза фиксирует мерзлотный характер педогенеза, протекавшего, скорее всего, в тундровых экосистемах, а на другом – показывает в нижней его части признаки иллювиирования глины, что требует свободного внутреннего дренажа в почвах – характерного для преимущественно влажных лесных экосистем. Таким образом, можно сделать вывод о фиксации в данном случае смены фазы лесного почвообразования криогидроморфной фазой, сопровождавшейся образованием оглеенных горизонтов. Эта вторая фаза началась на завершающих этапах образования нижнего субпрофиля, приведя к оглеению сформировавшегося в лесных условиях субстрата почвы, а также к деформации и транслокации глинистых натёков. Затем этот процесс продолжился при формировании верхнего субпрофиля, связанного с большей активизацией мерзлотных процессов, и, соответственно, с большей степенью мерзлотного преобразования почвенного тела.

U/Th-датировка LUU 1298TSD, давшая возраст $103 \pm 9/7$ тыс. лет назад, получена по материалу торфянистого горизонта и соответствует МИС-5с, отражая минимальный возраст педокомплекса. Предполагаем, что лесная фаза педогенеза была связана с теплой и достаточно длительной подстадией МИС-5е. Проявившаяся позднее криогидроморфная фаза может быть тогда связана с последующими более холодными подстадиями МИС-5, переходящими в стадийный криохрон МИС-4, во время которого промерзание усилилось, что показывает то, что весь педокомплекс был рассечен (см. рис. 2-3) полигонально-жильным льдом (ПЖЛ) – по нему впоследствии была сформирована псевдоморфоза, заполненная оглеенным педоседиментом. Характерно, что позже, во время холодного стадийного криохрона МИС-4, процесс почвообразования в значительной мере должен был быть замедлен, а порой и законсервирован. Но затем он был несколько активизирован в терминальную фазу данного стадийного криохрона, когда еще на продолжающем существовать некоторое время на небольшой глубине основании сезонно-талого слоя (СТС) стало протекать почвообразование криогидроморфного типа. Этот процесс был сопряжен с тем, что в терминальную фазу стадийного криохрона МИС-4 началось таяние ПЖЛ, сформировавшегося ранее в этом криохроне – оно завершилось с наступлением следующей теплой эпохи – интерстадийного термохрона МИС-3. Свидетельствует об этом то, что палеопочва обрамляет каймой, в несколько сантиметров толщиной, псевдоморфозу по отмеченному ПЖЛ (см. рис. 2-3). Возможен такой процесс, когда температура горных пород становится выше значений, благоприятных для ПЖЛ, и вызывает их таяние и постепенное освобождение занимаемого ими пространства, но если при этом вмещающие лед породы останутся мерзлыми, почва, ранее сопряженная с поверхностью головок ПЖЛ, начинает оползать по их еще холодным стенкам, примерзая к ним, образуя своеобразное окаймление, и затем захораниваться.

Иными словами, промерзание талых пород с лесной палеопочвой, образованных в длительную теплую подстадию МИС-5е – основной термохрон, отделяющий (см. рис. 1)

100-тысячелетний ритмы, будет процессом эпикриогенным. А формирование псевдоморфозы с заполнением ее сползающими по стенкам тающих ПЖЛ педоседиментов и минерального субстрата – носить синкриогенный характер; подчеркнем только, что речь идет в данном случае о событиях не термохрона, а более короткого своеобразного хроноинтервала – о терминальной фазе стадийного криохрона МИС-4.

¹⁴C-датировка по гумусовому веществу палеопочвы в верхней части разреза показала [Sheinkman et al., 2021] калиброванный возраст 35170 ± 350 лет (Beta-410187) – второй половины каргинского, МИС-3, интерстадийного термохрона. Данная почва дает неплохое представление о нем. Она залегает в 4,5 м от поверхности (рис. 2-2) и, будучи маломощной (толщина ее наиболее хорошо выраженного реликта составляет несколько сантиметров, состоит из оглеенного гумусового и сизого глеевого горизонтов. Палеопочва хорошо выражена, и особенностью вмещающего ее слоя является то, что в гумусовый горизонт деформирован и порой разорван, а глеевый горизонт хорошо оструктурен, характеризуясь мелкоореховатой структурой, сформированной по густой сети трещин, что связано с формированием сетчатой криогенной текстуры вмещающих почву отложений. По всем показателям это криогидроморфная почва, образованная на основании бывшего СТС в геокриологических условиях средней силы промерзания пород. Отсутствие аналогичных почвенных уровней ниже по разрезу говорит о том, что стабилизации поверхности каргинской, МИС-3, толщи раньше не происходило, и она началась к концу данного интерстадийного термохрона – с приближением МИС-2 криохрона, во время которого были также созданы условия для криогидроморфного почвообразования.

Что касается сартанского, МИС-2, криохрона, отметим, что некоторые авторы [Величко и др., 2007; Зыкина и др., 2017] предлагают для него в регионе сценарии с условиями, близкими к антарктическим пустыням. Но анализ с позиций принципа актуализма вскрыл неправомочность размещения на этом пространстве холодных пустынь, поскольку сделано подобное отнесение также за счёт наделения доминантными свойствами тех элементов КГС, что имеют подчинённое, а не главное значение. Нами выявлено широкое развитие на рассматриваемой территории в криохрон МИС-2 различных псевдоморфоз по ПЖЛ и связанных с ними криогидроморфных палеопочв, закономерно присутствовавших тогда на данном пространстве и имевших площадное распространение и зональный характер [Sheinkman et al., 2021; Sedov et al., 2022]. В условиях холодной пустыни это было бы невозможно, поскольку питание ПЖЛ осуществляется тальми водами, отсутствующими в гипераридных условиях холодных пустынь. И палеопочвы, и выявленные псевдоморфозы по ПЖЛ ясно демонстрировали своими индикационными свойствами, что в МИС-2 в регионе формировались криоаридные условия с низкотемпературной криолитозоной, но их главными признаками были не только долгая холодная и малоснежная зима, но и тёплое, пусть и короткое, лето, обуславливающее хорошо выраженный СТС и питание ПЖЛ тальми и дождевыми водами, пусть и в ограниченном их количестве.

Коллизия в том, что на входе строящихся моделей в качестве доминант могут ставиться те их элементы, что доминантами не являются. Ранее сделанное предположение [Величко и др., 2007], что в криохрон МИС-2 в регионе формировалась именно холодная пустыня с активным проявлением эоловых процессов, обосновано тем, что здесь в песках под голоценовыми торфяниками обнаружены следы эоловой обработки. Но такая обработка – черта аллювиальных отложений [Галанин, 2021] во многих районах области низкотемпературных многолетнемерзлых пород (ММП). Проведенный нами анализ песчаного материала также выявил эоловое участие в формировании аллювия во время МИС-2, но оно не был преобладающим. Наблюдалось в осадках [Sheinkman et al., 2021] сочетание ветрового, флювиального и криогенного воздействия, фиксирующего, что и в условиях криохрона МИС-2 водотоки летом освобождались ото льда и снабжались тальми снеговыми и дождевыми водами, а сверху толщи ММП был хорошо выражен СТС. Однако в работе [Зыкина и др., 2017] акцент на развитии в регионе холодной

пустыни усилен за счет отнесения встречаемые клиновидных структур к первично песчаным жилам (ПЖЖ) – индикатору крайне холодных и сухих условий, причем аналогом модели развития региона предлагалась гипераридная и суперхолодная область Сухих Долин Антарктиды – уникальное место с весьма низкими температурами воздуха круглый год и многолетним отсутствием атмосферных осадков. В таких условиях оттаивание многолетнемерзлых пород не происходит, и их кровля совпадает здесь с дневной поверхностью [Абрамов и др., 2011].

Подобные обстановки в прошлом рассматриваемой территории нереальны – поясним это. ПЖЖ впервые описаны Т.Л. Певе [Pewe, 1953] в Антарктиде и условно названных им *песчаные жилы*, хотя это вложенные в грубозернистые отложения небольшие и узкие, обычно до 1 м высотой, формы заполнены различным, перемещаемым ветром различным мелкоземом. Действительно, клиновидные структуры в нашем случае были порой узкими (рис. 3) и не всегда крупными, но, тем не менее, кардинально отличались: они существенно превышали размеры жил, указанные в [Pewe, 1953] (высота наиболее крупных из них достигала 4-5 м при ширине по верху порой более 2 м), а их контуры были сопряжены с основанием криогидроморфной палеопочвы, фиксирующей бывшее положение основания СТС (рис. 3-4). Реликты палеопочвы отслеживались на глубине около 1 м от поверхности в виде сизого, мощностью в несколько сантиметров, горизонта, обогащённого гумусом. Данные почвы, как отмечалось, отражают ход своего развития на матрице ММП, когда промерзавшие осадки, стабилизируясь, переходили из режима пойменного накопления в режим устойчивой террасы [Sedov et al., 2022], а подчёркиваемые криогидроморфной почвой признаки ясно выраженного бывшего СТС говорят о воздействии талых вод, способных пропитывать верхние слои аллювия и затекать в морозобойные трещины, подтверждая тем самым, что отмеченные структуры – псевдоморфозы по ПЖЛ. Согласно [Романовский, 1977], в малолдыстных отложениях сохраняют очертания бывших ПЖЛ – что наблюдается и в нашей ситуации.

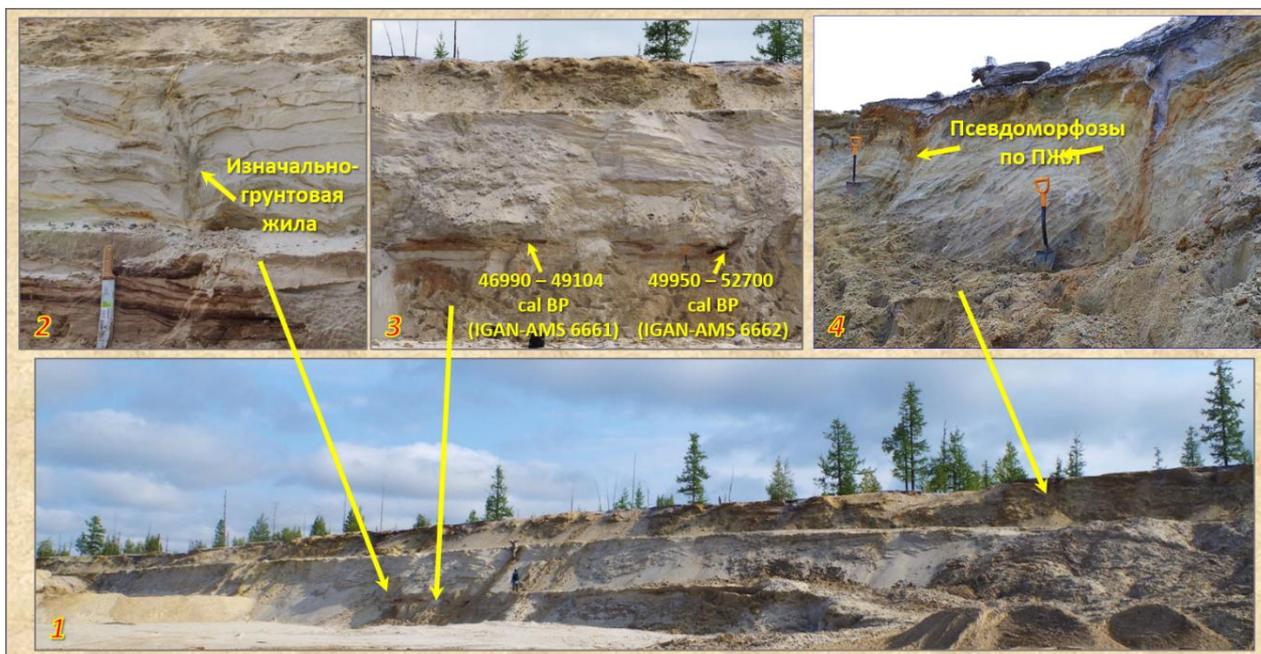


Рис. 3. Карьер в верховьях р. Правая Хетта (правый приток р. Надым).
Фото из архива В.С. Шейнкмана. Пояснения в тексте.

Механизм заполнения псевдоморфоз и в данном случае тот же, что описан для событий, отображенных на рис. 2-3, но фиксирует терминальную фазу МИС-2, когда в ходе воздействия подзола, лежащего выше, криогидроморфные почвы частично редуцированы (см. рис. 3-4), но хорошо представлены в заполнении псевдоморфоз. Для

развития ПЖЛ в песках требуется [Романовский, 1977] температура ММП -5 – -6 °С, и при её повышении, но при сохранении отрицательных значений, ПЖЛ стали оттаивать, а криогидроморфная почва и породы – оползать по стенкам жил, послойно примерзать к ним и друг к другу и захораниваться. По их веществу ^{14}C -датировки дали возраста в 15–16 тыс. л. н., показав тем самым, что ПЖЛ образовались именно в МИС-2. На рис 3-1, 3-4 видно, что ПЖЛ рассекают верхнюю часть каргинских отложений, которые тоже датированы (рис. 3-3), и в них прослеживаются и иные жильные структуры (рис. 3-2) – высотой до 1 м. Слои вмещающей породы на контакте с ними в нижней их части загнуты вниз, но вверху становятся пологими и затем плавно смыкаются с лежащими выше горизонтально осадками. Это по [Романовский, 1977] признаки изначально грунтовых жил (ИГЖ), формируемых в деятельном слое. Их наличие свидетельствует, что вмещавшие жилы осадки промерзали, но при температуре выше необходимой для развития ПЖЛ, и в условиях ещё не стабилизированной поверхности террасы накапливались как синкриогенные образования. Как бывшее синкриогенное образование, но в терминальную фазу МИС-2, стала формироваться, в условиях некоторого потепления, и криогидроморфная почва на основании еще существовавшего СТС. А к середине голоцена значительная часть данной толщи оттаяла, о чем говорит наличие вверху её ясно выраженных подзолов. Их специфика – развитие в условиях аэрации и свободного дренажа [Таргульян, 1971], и в нашем случае очевидно: сформированы подзолы уже как посткриогенные образования – после оттаивания пород и исчезновения мерзлотного водоупора, фиксированного ранее основанием криогидроморфных палеопочв. Серией ^{14}C -датировок по веществу подзолов это время определяется как середина голоцена [Sedov et al., 2022].

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов А.А., Слеттен Р.С., Ривкина Е.М. и др. Геокриологические условия Антарктиды // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 3. С. 3–19.
- Арктический бассейн (геология и морфология) / Гл. ред. В.Д. Каминский. СПб., ВНИИОкеангеология, 2017, 291 с.
- Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / Под ред. В.М. Котлякова. М., РАН, Ин-т географии, 1997, т. 1, 392 с.; т. 2, кн. 1, 263 с.; т. 2, кн. 2, 270 с.
- Величко А.А., Тимирева С.Н., Кременецкий К.В. и др. Западно-Сибирская равнина в облике позднеледниковой пустыни // Известия РАН. Сер. геогр. 2007. № 4. С. 16–28.
- Галанин А.А. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение // Криосфера Земли. 2021. Т. XXV. № 1. С. 3–34. doi: 10.15372/KZ20210101
- Горячкин С.В., Мергелов Н.С., Таргульян В.О. Генезис и география почв экстремальных условий: элементы теории и методические подходы // Почвоведение. 2019. № 1. С. 5–19. doi: 10.1134/S0032180X19010040
- Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). Томск. Изд-во Томского госуниверситета. 1976. 344 с.
- Зубов Н.Н. О льдах Арктики и Антарктики. М., Изд-во МГУ. 1956. 118 с.
- Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О. и др. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. № 6. С. 14–25. doi: 10.21782/kz1560-7496-2017-6(14-25)
- Крапивнер Р.Б. Кризис ледниковой теории: аргументы и факты. М., ГЕОС. 2018. 320с.
- Кузин И.Л. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. СПб., изд-во Государственной полярной академии. 2005. 176 с.
- Кузин И.Л. Мифы и реалии учения о материковых оледенениях. СПб.: Изд. СЗНИИ «Наследие», 2013. 178 с.

Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М., Наука, 1971, 270 с.

Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. Апатиты, изд-во Кольского научного центра РАН. 2012. 179 с.

Шейнкман В.С., Мельников В.П. Эволюция представлений о холоде и возможные пути их развития в науках о Земле // Криосфера Земли. 2019. Т. XXIII. № 5. С. 3–16. doi: 10.21782/kz1560-7496-2019-5(3-16)

Шейнкман В.С., Мельников В.П., Парначев В.П. Анализ криогенных и тектонических процессов на севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогетеротопии // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 494. № 1. С. 82–86. doi: 10.31857/S2686739720090169

Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. М., Изд-во АН СССР. 1955. 492 с.

Kutzbach J., Gallimore R., Harrison S. et al. Climate and biome simulations for the past 21,000 years // Quaternary Science Reviews. 1998. Vol. 17. Is. 6-7. P. 473–506. doi: 10.1016/S0277-3791(98)00009-2

Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records // Paleoceanography. 2005. Vol. 20. Is. 1. PA1003. doi: 10.1029/2004PA001071

Möller P., Benediktsson Í.Ö., Anjara J. et al. Glacial history and paleoenvironmental change of southern Taimyr Peninsula, Arctic Russia, during the Middle and Late Pleistocene // Earth-Science Reviews. 2019. Vol. 196. 102832. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.04.004

Péwé T.L. Sand-wedge polygons (tessellations) in the McMurdo Sound region, Antarctica – progress report // American Journal of Science. 1959. Vol. 257. № 8. P. 545–552. doi: 10.2475/ajs.257.8.545

Sedov S., Sheinkman V., Bezrukova E. et al. Sartanian (MIS 2) ice wedge pseudomorphs with hydromorphic pedosediments in the north of West Siberia as an indicator for paleoenvironmental reconstruction and stratigraphic correlation // Quaternary International. 2022. Vol. 632. P. 192–205. doi: 10.1016/j.quaint.2022.05.002

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

Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L. et al. A multiproxy record of sedimentation, pedogenesis, and environmental history in the north of West Siberia during the late Pleistocene based on the Belaya Gora section // Quaternary Research. 2021. Vol. 99. P. 204–222. doi: 10.1017/qua.2020.74

Sheinkman V., Sharapov D., Sedov S. Northwest Siberia as a MIS 2 desert? Inferences from quartz morphoscopy and polygonal ice wedges // Quaternary International. 2022. Vol. 620. P. 46–47. doi: 10.1016/j.quaint.2021.06.007

Svendsen J.I., Krüger L.C., Mangerud J. et al. Glacial and vegetation history of the Polar Ural Mountains in northern Russia during the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5–2 // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 409–428. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.10.008

GLACIAL-FREE DEVELOPMENT OF THE WEST SIBERIAN NORTH OF AND PHASES OF EPICRYOGENESIS, SYNCRYOGENESIS AND POSTCRYOGENESIS

Sheinkman V.S., Sedov S.N.

Institute of the Earth's Cryosphere, Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia

Data on the paleocryological development of the north of the West Siberian Lowland in the Quaternary are summarized. Information on the region has become contradictory, and to resolve the contradictions, methodological approaches are required that can increase the likelihood of recognition and verification of past phenomena. The basis of such approaches is their implementation based on the principle of actualism: the range of modern manifestations of the cold world is wide, there is reliable

parametric information on them, and it is this that allows for reliable comparisons of the processes of the present and the past using the method of comparative analogy. On this basis, representative reconstructions were carried out, and it was established that the development of the region in the Quaternary took place under conditions in which the existence of hyperarid cold deserts and ice sheets was unrealistic, but cryogenic processes of various types were actively occurring.

Keywords: *Western Siberia, Pleistocene, glacial phenomena, cryogenesis*

REFERENCES

- Abramov A.A., Sletten R.S., Rivkina E.M.* and others. Geocryological conditions of Antarctica // *Cryosphere of the Earth*. 2011. Vol. XV. No. 3. P. 3–19.
- Arctic basin (geology and morphology) / Ch. ed. V.D. Kaminsky. St. Petersburg, VNIIOkeangeology, 2017, 291 p.
- Atlas of snow and ice resources of the world / Ed. V.M. Kotlyakov. M., RAS, Institute of Geography, 1997, vol. 1, 392 pp.; vol. 2, book. 1, 263 pp.; vol. 2, book. 2, 270 pp.
- Velichko A.A., Timireva S.N., Kremenetsky K.V.* and others. West Siberian Plain in the form of a late-glacial desert // *Izvestia RAS. Ser. geogr.* 2007. No. 4. pp. 16–28.
- Galanin A.A.* Late Quaternary sand covers of Central Yakutia (Eastern Siberia): structure, facies composition and paleoecological significance // *Cryosphere of the Earth*. 2021. Vol. XXV. No. 1. P. 3–34. doi: 10.15372/KZ20210101
- Goryachkin S.V., Mergelov N.S., Targulian V.O.* Extreme pedology: elements of theory and methodological approaches // *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52. № 1. doi: 10.1134/S1064229319010046
- Zemtsov A.A.* Geomorphology of the West Siberian Plain (northern and central part). Tomsk Publishing house of Tomsk State University. 1976. 344 p.
- Zubov N.N.* About the ice of the Arctic and Antarctic. M., Moscow State University Publishing House. 1956. 118 p.
- Zykina V.S., Zykin V.S., Volvakh A.O.* and others. Structure, cryogenic formations and conditions for the formation of Upper Quaternary deposits of the Nadym Ob region // *Cryosphere of the Earth*. 2017. Vol. XXI. No. 6. pp. 14–25. doi: 10.21782/kz1560-7496-2017-6(14-25)
- Krapivner R.B.* The crisis of the glacial theory: arguments and facts. M., GEOS. 2018. 320p.
- Kuzin I.L.* Geomorphology of the West Siberian Plain. St. Petersburg, publishing house of the State Polar Academy. 2005. 176 p.
- Kuzin I.L.* Myths and realities of the doctrine of continental glaciations. SPb.: Publishing house. SZNII “Heritage”, 2013. 178 p.
- Targulyan V.O.* Soil formation and weathering in cold humid areas. M., Nauka, 1971, 270 p.
- Chuvardinsky V.G.* Quaternary period. New geological concept. Apatity, publishing house of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. 179 p.
- Sheinkman V.S., Melnikov V.P.* Evolution of ideas about cold and possible ways of their development in the Earth sciences // *Cryosphere of the Earth*. 2019. Vol. XXIII. No. 5. pp. 3–16. doi: 10.21782/kz1560-7496-2019-5(3-16)
- Sheinkman V.S., Melnikov V.P., Parnachev V.P.* Analysis of Pleistocene cryogenic and tectonic processes in northwestern Siberia: a cryoheterotopic approach // *Doklady Earth Sciences*. 2020. Vol. 494. № 1. P. 741-744. doi: 10.1134/S1028334X20090160
- Shumsky P.A.* Fundamentals of structural ice science. M., Publishing House of the USSR Academy of Sciences. 1955. 492 p.
- Kutzbach J., Gallimore R., Harrison S.* et al. Climate and biome simulations for the past 21,000 years // *Quaternary Science Reviews*. 1998. Vol. 17. Is. 6-7. P. 473–506. doi: 10.1016/S0277-3791(98)00009-2
- Lisiecki L.E., Raymo M.E.* A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records // *Paleoceanography*. 2005. Vol. 20. Is. 1. PA1003. doi: 10.1029/2004PA001071
- Möller P., Benediktsson Í.Ö., Anjara J.* et al. Glacial history and paleoenvironmental change of southern Taimyr Peninsula, Arctic Russia, during the Middle and Late Pleistocene // *Earth-Science Reviews*. 2019. Vol. 196. 102832. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.04.004
- Péwé T.L.* Sand-wedge polygons (tessellations) in the McMurdo Sound region, Antarctica – progress report // *American Journal of Science*. 1959. Vol. 257. № 8. P. 545–552. doi: 10.2475/ajs.257.8.545

Sedov S., Sheinkman V., Bezrukova E. et al. Sartanian (MIS 2) ice wedge pseudomorphs with hydromorphic pedosediments in the north of West Siberia as an indicator for paleoenvironmental reconstruction and stratigraphic correlation // *Quaternary International*. 2022. Vol. 632. P. 192–205. doi: 10.1016/j.quaint.2022.05.002

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

Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L. et al. A multiproxy record of sedimentation, pedogenesis, and environmental history in the north of West Siberia during the late Pleistocene based on the Belaya Gora section // *Quaternary Research*. 2021. Vol. 99. P. 204–222. doi: 10.1017/qua.2020.74

Sheinkman V., Sharapov D., Sedov S. Northwest Siberia as a MIS 2 desert? Inferences from quartz morphoscopy and polygonal ice wedges // *Quaternary International*. 2022. Vol. 620. P. 46–47. doi: 10.1016/j.quaint.2021.06.007

Svendsen J.I., Krüger L.C., Mangerud J. et al. Glacial and vegetation history of the Polar Ural Mountains in northern Russia during the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5–2 // *Quaternary Science Reviews*. 2014. Vol. 92. P. 409–428. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.10.008