

## ПАЛЕОКРИОГЕНЕЗ И ЕГО СВЯЗЬ С ПЕДОГЕНЕЗОМ КАК ФАКТОР ВНЕЛЕДНИКОВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОСИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

<sup>1,2</sup>Шейнкман В.С., <sup>1,2</sup>Седов С.Н.

<sup>1</sup>Институт криосферы Земли, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

<sup>2</sup>Тюменский госуниверситет, Тюмень, Россия

Представлены материалы о палеокриологическом развитии территории севера Западносибирской низменности в квартере. Приведены данные о широком распространении в данном регионе полигонально-жильных структур, представленных псевдоморфозами по полигонально-жильному льду и изначально-грунтовыми жилами. Первые образовались в терминальную фазу плейстоцена в конце МИС-2, будучи наследниками эпигенетических полигонально-жильных льдов, которые в сартанское, МИС-2, рассекли толщу каргинского, МИС-3, аллювия. Тогда как вторые формировались на протяжении МИС-3 в синкриогенных отложениях аллювия. Все это говорит о внеледниковом развитии региона в криохроны и термохроны, подобные МИС-2 и МИС-3.

Ключевые слова: криолитозона, палеокриогенез, полигонально-жильные структуры, север Западной Сибири

Основным маркёром квартера становятся на севере Западной Сибири, ввиду специфики формирования ее природной среды [Шейнкман и др., 2020], разновидности холодного мира с развитием мерзлотных и связанных с ними явлений. Некоторые авторы [Величко и др., 2007; Зыкина и др., 2017] предлагали для прошлых эпох в регионе сценарии с близкими к антарктическим пустыням, крайне криоаридными условиями, и встал вопрос: криогенез какого типа здесь протекал. Наш анализ вскрыл неправомерность помещения в это пространство экстремальных, относимых к холодным пустыням, явлений, так как оно сделано за счёт надления доминантными свойствами элементов криогенных систем подчинённого, а не главного ранга.

Исследования авторов выявили на рассматриваемой территории широкое развитие полигонально-жильных структур (ПЖС), информативного индикатора былой криолитозоны, и их связи с криогидроморфными палеопочвами, закономерно присутствующими на данном пространстве. Эти почвы, впервые обнаруженные в регионе авторами, имели в криохроны площадное распространение и зональный характер [Sheinkman et al., 2016, 2021; Sedov et al., 2022], что в условиях холодной пустыни было бы невозможно. Тем более что авторами выявлено здесь и широкое развитие псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам (ПЖЛ), питание которых осуществляется талыми водами, отсутствующими в гипераридных условиях холодных пустынь. Палеопочвы и псевдоморфозы по ПЖЛ ясно демонстрировали своими индикационными свойствами, что в нашем случае в криохроны действительно имели место криоаридные условия с низкотемпературной криолитозоной. Но их главными признаками были не только долгая холодная малоснежная зима, но и тёплое, пусть и непродолжительное, лето, определяющее хорошую выраженность сезонно-талого слоя (СТС) и питание ПЖЛ талыми и дождевыми водами, даже если количество было ограниченным.

Ранее на плейстоценовые палеопочвы в регионе или не обращалось должного внимания, или, если в основу развития природы в прошлом бралось формирование ледниковых щитов, почвообразование под которыми отрицалось, поиск реликтов палеопочв просто не проводился. Нужно также учесть, что, криогидроморфные палеопочвы, которые должны закономерно образовываться в регионе в условиях криохронов [Горячкин и др., 2019], в первозданном виде встречаются здесь редко. Чаше они проявляют себя в виде редуцированных реликтов, и в представительной форме сохраняются как переотложенные педоседименты в заполнении псевдоморфоз по ПЖЛ.

Всему этому есть причины. Рассмотрим их на репрезентативных примерах в низовьях р. Надым. На её левобережье у впадения р. Хейгияха, есть карьер (65°21'02.0" с. ш., 72°58'05" в. д.), вскрывающий широкий набор палеокриогенных, педогенных и посткриогенных образований (Рис. 1). Река врезается здесь в прилегающую к Обской губе равнину, и, при уровне воды на отметках около 10 м, образует 15–20-м террасы, относящиеся к категории второй надпойменной террасы. Карьер вскрыл песчаное тело одной из них, сформированное [Sheinkman et al., 2022; Sedov et al., 2022] во второй половине МИС-3 и рассечённое ПЖЛ в МИС-2. Коллизия в том, что различные авторы интерпретируют строение осадков в стенке карьера по-разному [Зыкина и др., 2017; Шейнкман, Мельников, 2019], и суть её отражает факт того, что на входе строящихся моделей в качестве доминант могут ставиться те их элементы, что доминантами не являются. А это с позиций их взаимодействия недопустимо.



Рис. 1. Стенка карьера на левом берегу р. Надым, участок: 65°21'02.0" с. ш., 72°58'05" в. д.

На террасу здесь налегает активная дюна (см. Рис. 1), а ранее в [Величко и др., 2007] предположено, что на севере Западной Сибири именно холодная пустыня с активными эоловыми процессами развивалась в криохрон МИС-2. Обосновано это тем, что в песках под голоценовыми торфяниками отмечены следы эоловой обработки. Однако во многих районах с низкотемпературной криолитозоной это характерно для аллювия [Галанин, 2021]. Проведя [Sheinkman et al., 2022] морфоскопический анализ кварцевых зёрен в осадках МИС-2, авторы тоже отметили эоловое участие, но выявили: оно не превалирует. В осадках сочеталось криогенное, ветровое и флювиальное воздействие, фиксируя, что летом и в условиях МИС-2, холодного и сухого криохрона, водотоки здесь были свободны ото льда, питаясь талыми снеговыми и дождевыми водами, а сверху мерзлой толщии развит СТС.

Но в [Зыкина и др., 2017] усилен акцент на развитии в регионе в МИС-2 холодной пустыни, и сделано это за счёт неправомерного, с позиций палеокриологического развития региона, надления доминантными свойствами элементов модели подчинённого значения. Отмеченная дюна в [Зыкина и др., 2017] признана фактором активного перемещения материала именно в условиях холодной пустыни (хотя это молодая форма, возникшая на месте сгоревшего леса [Шейнкман, Мельников, 2019]), а ПЖС отнесены к первично песчаным жилам (ППЖ) – индикатору крайне холодных и сухих условий. Сделано такое отнесение лишь на основе отдельных внешних черт ПЖС: того, что они небольшой высоты, узкие, с песчаным, порой, полосчатым заполнением. А главным их признакам, говорящим о развитии в условиях низкотемпературной криолитозоны, но с активной деятельностью талых вод, не уделялось внимание. Прежде всего, это: формирование на основании бывшего СТС на пространстве между ПЖС криогидроморфных, с характерной каймой оглеения, почв, сопряжённых с обрамлением жил [Sheinkman et al., 2022; Sedov et al., 2022]. Вместе с тем, аналогом модели развития региона в [Зыкина и др., 2017] предлагалась гипераридная и суперхолодная область Сухих Долин Антарктиды – с круглогодично весьма низкими температурами воздуха и

многoletним отсутствием осадков и оттаивания мерзлоты кровля которых совпадает с дневной поверхностью [Абрамов и др., 2011].

Действительно, выявленные расчисткой карьера ПЖС (см. Рис. 1) были порой узкими, но всегда кардинально отличными от ППЖ, которые впервые описаны в Антарктиде [Pewe, 1953] как песчаные жилы, вложенные в грубозернистые отложения. Высота крупных ПЖС в карьере составляла 2– 2,5 м, ширина по верху – до 1,5 м; их контуры были сопряжены с основанием криогидроморфной палеопочвы, фиксируя былое положение СТС. Реликты её ясно отслеживались на глубине около 1 м от поверхности в виде сизого, мощностью в несколько сантиметров, горизонта, обогащённого гумусом и обрамлённого снизу бурой каймой. Эти почвы отражают развитие 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 былого СТС говорят о воздействии талых вод, способных пропитывать верхние слои аллювия и затекать в морозобойные трещины, подтверждая, что отмеченные ПЖС – псевдоморфозы по ПЖЛ. Они, по [Романовский, 1977], в малольдистых отложениях сохраняют очертания былых ПЖЛ – что наблюдается и в нашем случае. На Рис. 3 видно, что у псевдоморфоз ясно выраженная форма треугольника, они узкие в средней и нижней части, вверху расширяются, и здесь вдоль контакта с вмещающей породой слои последней отжаты вверх и в стороны, а над головками жил фиксируются уже несколько сглаженные валики выжимания. Это типично при развитии ПЖЛ в условиях стабилизации поверхности, которую они пересекают [Попов и др., 1985], и говорит об их эпигенетическом характере, а полосчатое строение псевдоморфоз объяснимо их специфическим развитием.

Криогидроморфные почвы, частично редуцированные воздействием иллювиального горизонта поверхностного подзола, лежащего выше (см. Рис. 1), ясно представлены в заполнении псевдоморфоз в виде педоседиментов, оползавших, вместе с породами между жил, по стенкам тающих ПЖЛ: они, примерзали к ним и становились захоронёнными. По их веществу сделаны  $^{14}\text{C}$ -датировки и анализ биоматериала, показавшие, что началось заполнение псевдоморфоз в терминальную фазу плейстоцена 15–16 тыс. л. н. при раннем проявлении потепления климата, но при сохранении мерзлоты [Sedov et al., 2022]. Для развития ПЖЛ в песках нужны [Романовский, 1977] температуры мерзлоты  $-5$  –  $-6$  °С; при их повышении, но при сохранении отрицательных значений, ПЖЛ стали вытаивать, а фрагменты криогидроморфной почвы и породы – оползать по стенкам жил и послойно примерзать к ним и друг к другу.

Видны на Рис. 1 и иные жильные структуры – на разной глубине, друг к другу ближе, и 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 формируемых в деятельном слое изначально грунтовых жил (ИГЖ). Их наличие свидетельствует, что вмещавшие жилы осадки, формировавшиеся в МИС-3, были мёрзлыми, но с температурой выше необходимой для развития ПЖЛ, и в условиях не стабилизированной поверхности террасы накапливались как синкриогенные образования. К началу формирования криогидроморфной почвы (оно падает на МИС-2) поверхность этой толщи стабилизировалась (иначе почва не образовалась бы), и уже как эпигенетическими образованиями она осваивалась ПЖЛ, которые в конце МИС-2 стали вытаивать, замещаясь педоседиментами – дериватами криогидроморфной почвы. А к середине голоцена значительная часть данной толщи оттаяла, о чем говорит наличие вверху её ясно выраженных подзолов. Их специфика [Таргульян, 1971] – развитие в условиях аэрации и свободного дренажа; так что сформированы они после значительного оттаивания пород и исчезновения мерзлотного водоупора, фиксированного ранее основанием криогидроморфных палеопочв. Серией  $^{14}\text{C}$ -датировок по веществу подзолов это время как раз определяется как середина голоцена [Sedov et al., 2022; Sheinkman et al., 2022].

Более четко описанная ситуация отражена в низовьях р. Надым в 5 км к северу от пос. Пангоды (65°54'15" с. ш., 74°34'18" в. д.), где в р. Правая Хетта (правый приток р. Надым) впадает р. Тьяха, подрезая 10-м террасу (Рис. 2). Она сложена аллювием каргинского, МИС-3, возраста – он подтвержден серией <sup>14</sup>С-датировок, одна из которых показана на Рис. 2-2. Тело террасы расчленено сетью МИС-2 псевдоморфоз по ПЖЛ (Рис. 2-1), которая лучше просматривается в расчистке стенки карьера в нескольких ста метров от бровки террасы (Рис. 3-1, 3-2). Псевдоморфозы достигали здесь 4 м в высоту и 3 м в ширину, и для них также было характерно заполнение сизого цвета с бурым окаймлением, сопряженным с лежащей сверху криогидроморфной почвой. Наряду с псевдоморфозами по ПЖЛ расчистка и здесь зафиксировала погребенные ИГЖ на разных уровнях. Это фиксирует, что в течение МИС-3 отложения промерзали, но в условиях высокотемпературной криолитозоны.



Рис. 2. 10-м терраса р. Тьяха. Фото из архива В.С. Шейнкмана. Пояснения в тексте.

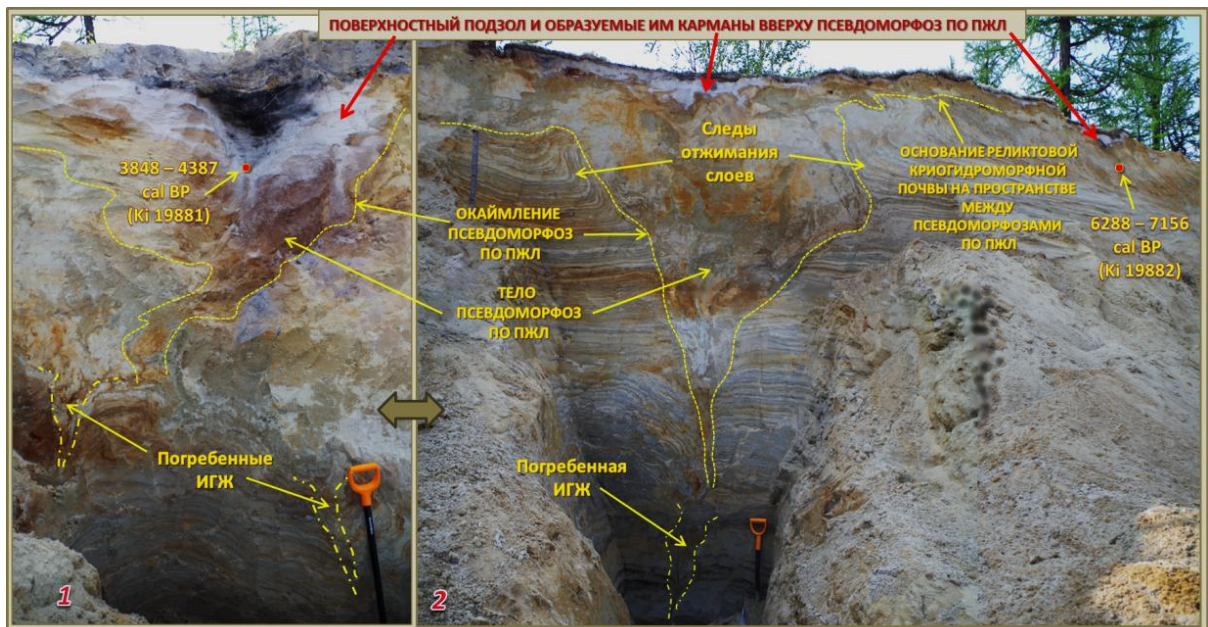


Рис. 3. Расчистка стенки карьера вблизи р. Тьяха. Пояснения в тексте.  
Фото из архива В.С. Шейнкмана

В целом с позиций палеокриологии очевидно, что на пространстве севера Западной Сибири ПЖЛ и криогидроморфные почвы в криохроны были типичными явлениями, подтверждая внеледниковое развитие региона в условиях, близких к МИС-3 и МИС-2.

Размещение на этом пространстве в квартере ледникового щита или суперхолодной и гипераридной пустыни, с отсутствием стока и СТС, представляется нереальным.

#### ЛИТЕРАТУРА

Абрамов А.А., Слеттен Р.С., Ривкина Е.М. и др. Геокриологические условия Антарктиды // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 3. С. 3–19.

Величко А.А., Тимирева С.Н., Кременецкий К.В. и др. Западно-Сибирская равнина в облике позднеледниковой пустыни // Известия РАН, серия 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

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)

Попов А.И., Розенбаум Г.Э., Тумель Н.В. Криолитология. М., МГУ, 1985, 240 с.

Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск. Наука, 1977, 215 с.

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

Péwé T.L. Sand-wedge polygons (tesselations) 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., Sedov S., Shumilovskikh S. et al. First results from the Late Pleistocene paleosols in northern Western Siberia: implications for pedogenesis and landscape evolution at the end of MIS3 // Quaternary International. 2016. Vol. 418. P. 132–146. doi: 10.1016/j.quaint.2015.12.095

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

**PALEOCRYOGENESIS AND ITS LINKS WITH PEDOGENESIS AS A FACTOR OF NON-GLACIATED QUATERNARY DEVELOPMENT IN THE NORTH OF THE WEST SIBERIAN PLAIN**

*<sup>1,2</sup>Sheinkman V., <sup>1,2</sup>Sedov S.*

<sup>1</sup>Earth Cryosphere Institute, Tyumen Science Center, Tyumen, Russia

<sup>2</sup>Tyumen State University, Tyumen, Russia

There are presented materials in respect to the Quaternary paleocryological development of the area in the north of the West-Siberian Plain. Data demonstrating wide distribution of polygonal-wedge structures in the region are elucidated. The structures represent polygonal ice wedge pseudomorphs and initially ground wedges. The first developed in the terminal phase of the Pleistocene in the end of MIS-2, and are the successors of the epigenetic polygonal ice wedges which cut the Karga, MIS-3, alluvial thickness, whereas the second formed in the syncryogenetic alluvial deposits in the course of MIS-3. All of that shows non-glaciated development of the region in the cryochrons and thermochrons which are similar to MIS-2 and MIS-3.

Keywords: *permafrost, paleocryogenesis, polygonal-wedge structures, north of West Siberia*