

АНАЛИЗ С ПОЗИЦИЙ ПАЛЕОКРИОЛОГИИ ВНЕЛЕДНИКОВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В КВАРТЕРЕ

¹Шейнкман В.С., ^{1,2}Седов С.Н., ³Парначев В.П.

¹Институт криосферы Земли, СО РАН, Тюмень, Россия; vlad.sheinkman@mail.ru

²Объединенный национальный университет Мексики, Мехико, Мексика

³Томский государственный университет, Томск, Россия

В настоящей работе представлены материалы, полученные авторами в последние годы. Они характеризуют развитие обстановок квартера на севере Западной Сибири с позиций палеокриологии и показывают внеледниковое развитие региона в это время. В основе подхода лежит комплексный анализ изучаемых объектов, объединенных криогенной системой. Освещен опыт применения подхода для анализа причин противоречий о строении четвертичного комплекса, а также для разрешения этих противоречий. На этой основе показаны характерные черты развития рассматриваемой территории.

Ключевые слова: *криогенез и палеокриогенез, плейстоцен, криогенные системы, север Западной Сибири*

Долгое время для территории севера Западной Сибири применялась модель устойчивой платформы, периодически перекрываемой в квартере покровными ледниками, свидетельством развития которых считалось периодическое присутствие в составе осадков валунного материала. Возможные проявления тектоники связывались тогда с появлением или снятием нагрузки на земную кору мощного ледникового щита [Земцов, 1976; Архипов, 2000]. Возвышенность Сибирские Увалы на правом берегу Средней Оби (Рис. 1) по аналогии с внешне похожими образованиями Русской равнины считали в этом случае конечной мореной древнего ледника, так как здесь кристаллический фундамент находится глубоко, но в теле слагающих эту возвышенность отложений встречаются эрратические валуны. Альтернативная точка зрения представлена в работах исследователей, считающих фактором преобладающего влияния на данную территорию морские трансгрессии, в том числе сопровождаемые активным ледово-морским разносом обломков. [Дубиков, 2002; Кузин, 2005; Чувардинский, 2012; Крапивнер, 2018]

Проведя комплекс исследований вдоль и к северу от Сибирских Увалов, авторы проанализировали данные различных моделей и, в итоге пришли к следующим позициям. Реликтов древних ледников ими выявлено не было. На фоне саморазвития речной сети региона фиксировано в криохроны только господство процессов глубокого промерзания земной коры. Осадки квартера вдоль долин рек большей частью были представлены песчаным аллювием, а валуны лишь вкраплены в него, являясь результатом обычного для рек Сибири ледово-речного разноса обломков пород, захваченных всплывающими во время ледохода льдинами берегового припая [Шейнкман и др., 2017; Sheinkman, 2016]. Большинство обломков, встречаемых вдоль Сибирских Увалов, были перенесены, как выяснили авторы, при подъеме воды во время ледоходов с правобережья Енисея (базальты, долериты, анамезиты). На отрезке долины Енисея от Подкаменной Тунгуски до Игарки и сегодня подъемы воды в ледоход в последние десятилетия регулярно бывают больше 20 м, а порой достигают 30 – 35 м [Григорьев, 1991; <https://allrivers.info>]. Поэтому в прошлом, когда Сибирские Увалы были ниже [Шейнкман и др., 2020], периодически преодолевать на их широте невысокий водораздел на левобережье Енисея паводковыми водами было несложно.

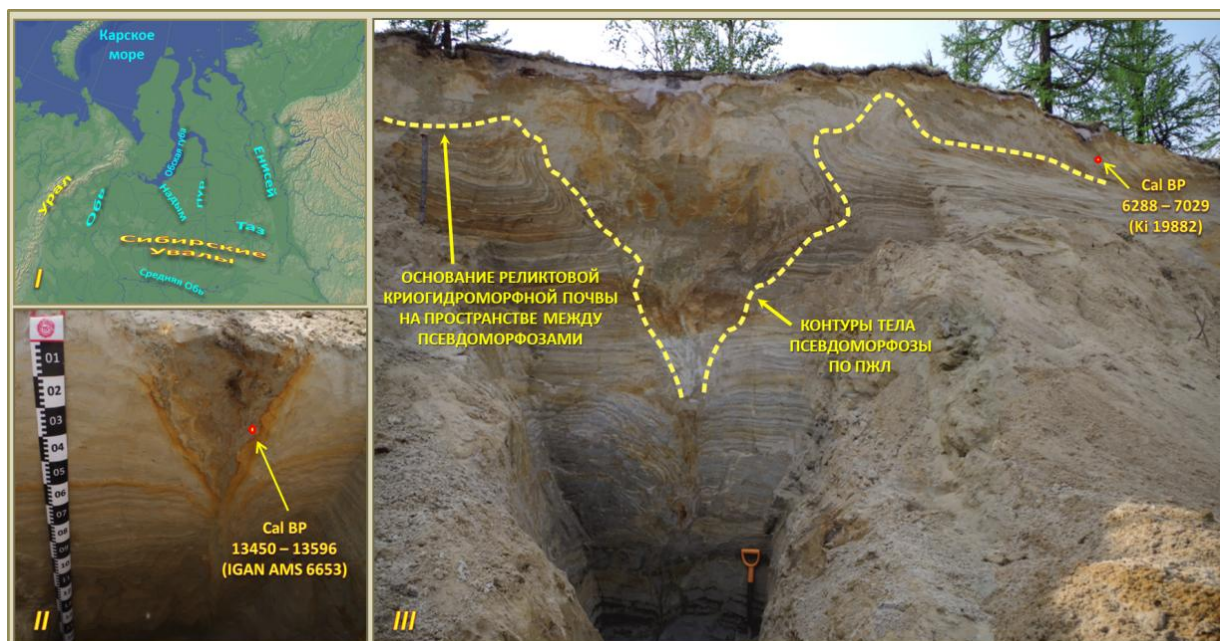


Рис. 1. I – картосхема региона; II – вскрытая при проходке шурфа нижняя часть псевдоморфозы по ПЖЛ в днище карьера в низовьях р. Надым вблизи пос. Пангоды; III – полный профиль псевдоморфоз по ПЖЛ, вскрытых в стенке карьера в низовьях р. Надым вблизи пос. Пангоды. Фото из архива В.С. Шейнкмана

В толще осадков террас повсюду встречались (рис. 1-II, 1-III) разнообразные псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам (ПЖЛ). Эти льды – индикатор низкотемпературной мерзлоты, формирующейся в отсутствие ледников. А в составе псевдоморфоз постоянно встречались педоседименты – фрагменты криогидроморфных почв, формировавшихся на сопредельных с жилами льда участках и фиксирующих бывшее основание сезонно-талого слоя. По этим фрагментам получен ряд радиоуглеродных датировок (см. рис 1), подтвердивших формирование псевдоморфоз в терминальную фазу сартанского (МИС2) криохрона, когда мерзлота еще сохранялась, но ее температура стала превышать оптимальные для существования ПЖЛ значения. Псевдоморфозы ясно выражены благодаря развитию в малольдистых песках, хорошо держащих стенку, и отражают большей частью сингенетический тип развития при пойменно-русловом накоплении промерзающего аллювия: с формой “клин-в-клин”, с широкой частью вверху и структурами отжимания слоев. Но наличие вверху разреза остатков криогидроморфных палеопочв, по которым затем началось подзолообразование уже на талых дренированных породах, фиксирует стабилизацию поверхности в конце МИС2 и развитие ПЖЛ некоторое время по эпигенетическому типу развития.

Поиск и обследование псевдоморфоз предыдущих криохронов авторы поставили задачей следующего этапа исследований, так как сделать это сложнее из-за недостаточного вскрытия реками соответствующих отложений. Наиболее детально на сегодня ими изучены псевдоморфозы вдоль и севернее Сибирских Увалов – вверху речных террас с относительной высотой 15-25 м. Тело этих террас представлено позднеплейстоценовым аллювием – результат перемыва (стекающими с Сибирских Увалов реками) более древних отложений, в которые он нередко вложен. Высота псевдоморфоз достигала 5-6 м, ширина – 3-4 м (см. рис 1); серий ¹⁴AMS-датировок по их субстрату они определены как позднесартанские (конец МИС2), а подстилающие толщу с ними слои – как каргинские (МИС3). Соответственно ПЖЛ – предшественник псевдоморфоз, это продукт сартанского криохрона.

Возвышенность Сибирские Увалы в отсутствие воздействия ледников может быть только результатом тектонических процессов, и усилия авторов были направлены на поиск их следов. Предпосылки для таких процессов определялись структурно-геодинамической зональностью данной территории [Григорьев, Макаров, 2014]. Но в отложениях квартала её следы не искали – всё старались объяснять моделью с ледниковыми щитами, хотя в соседних районах Арктики

только сегодня регистрируется [Маловичко и др., 2017] по несколько землетрясений в год с магнитудой от 3.7 до 4.5. Об активном блоковом поднятии изучаемой территории говорят высокие террасы – итог вреза рек в песчаную, в основном, толщу аллювия. Их высота достигает в Сибирских Увалах 30-40 м и 15-25 м в среднем течении текущих отсюда на север рек Надым, Таз и Пур. Объяснить врез иными процессами практически невозможно. Авторы считают, что всё это можно связать с давлением океанической плиты на основание континентальной Западносибирской плиты со стороны срединно-океанического хр. Гаккеля [Арктический бассейн..., 2017], расширяющегося в квартере. Субмеридиальное сжатие провоцирует вздымание данной территории, в особенности вблизи Сибирских Увалов. При этом авторы выявили в теле террас различные сейсмиды – дислокации осадков, разрывные нарушения, проявления ликвифакции (Рис. 2). Обычно ликвифакция проявляется в неконсолидированных породах (что наблюдалось авторами, например, во время землетрясения 2003 г. на Алтае), и в нашем случае отмечалась она в талых осадках, тогда как разрывные деформации фиксировались (Рис. 2-I) в породах, прежде консолидированных мерзлотой. Интересно, что (Рис. 2-II) слои с проявлением ликвифакции, будучи потом проморожены, также оказывались в зоне сдвиговых смещений. Наряду с разрывами, перемещением и смещением слоёв были обнаружены и напряжённые микроскладки (рис. 3-III), свидетельствовавшие о значительном субмеридиальном сжатии: судя по наклону осей складок, максимальное его воздействие осадки испытали именно со стороны хр. Гаккеля – в направлении север-северо-восток – юг-юго-запад.

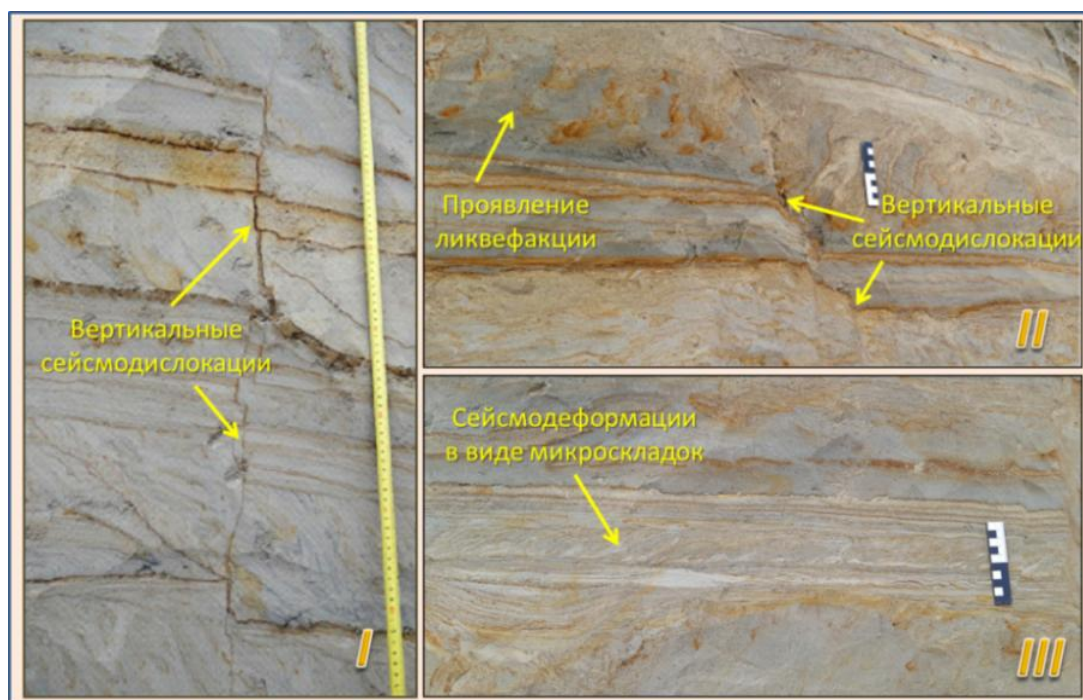


Рис. 2. Сейсмиды в аллювиальных осадках 20-м Надымской террасы; окрестности г. Надым. Фото из архива В.С. Шейнкмана и Г.В. Матышака. Пояснения в тексте.

Явление ликвифакции для оценки сейсмических событий предложено применять А.А. Никоновым [2007] на основании соотношения между порогом возникновения её структур и магнитудой порождающих их землетрясений. Согласно этому, текстуры внедрения (в виде язычков пламени и др.) вызываются землетрясениями 7-8 баллов по шкале MSK-64, а лежащие складки с внутренними разрывами и надвиговые структуры при широком распространении деформаций – более 8 баллов. Однако в [Мусатов, 1990] отмечено, что для их реконструкции нужно знать изначальные реологические свойства и мощность ликвифицированных и перекрывающих осадков, механизм деформаций и многие другие параметры. Поэтому

однозначно о взаимоотношении между степенью ликвифакции и интенсивностью землетрясений пока судить нельзя.

Помогает оценка блоковых смещений горных пород. Вдоль глубинных разломов по всей их системе в нашем регионе развиты крупные морфоструктуры сдвигового и взбросово-сдвигового типа [Чувардинский, 2012], включая сопряжённый с Сибирскими Увалами трансзападносибирский разлом. Позднекайнозойская тектоническая активность проявлялась здесь [Гоговенков и др., 2007] на всех стратиграфических уровнях; следы её активизации в позднем квартере и голоцене нашли, как было установлено авторами, отражение и в верхних частях высоких террас региона, где осадки представлены сартанским (МИС-2) аллювием.

В криохрон МИС-2 эта толща промерзала, консолидировалась, становилась хрупкой, и во время землетрясений легко поддавалась разрывным деформациям. В районе г. Надым, например, это подтверждается тем, что повсеместно в бассейне р. Надым встречаются высокие террасы, и в их теле развиты псевдоморфозы по ПЖЛ. В среде этих осадков широко представлены секущие всю сартанскую толщу вертикальные трещины (см. рис. 2-1) со смещением слоёв вдоль них на 5–10 см (порой до 15 см). Причём такие трещины не связаны с областью оседания блоков породы при таянии ПЖЛ, это могут быть только сейсмичиты. Хотя по [Никонов, 2007] наличие проявления ликвифакции – фактор высокой сейсмичности, на наш взгляд величина фиксированных смещений позволяет говорить об их возникновении во время землетрясений меньшей силы – интенсивностью до 5-6 баллов.

Сартанский (МИС2) возраст верхней части отмеченного комплекса обоснован [Шейнкман и др., 2017] серией ¹⁴C-датировок в пределах 10–12 тыс. л. н. по органике в окаймлении псевдоморфоз (фиксируя тем самым время таяния ПЖЛ), а каргинский (МИС3) подстилающих горизонт с ними осадков – в пределах 30–40 тыс. л. н. Вверху разрезов этот комплекс перекрыт хорошо развитыми позднеголоценовыми подзолами (см. рис. 1), на формирование которых нужно 5–7 тыс. лет. Учитывая, что порой относительная высота террас составляет 30–40 м, можно судить, что произошло вздымание отмеченной толщи на эту высоту не раньше начала голоцена, и, отсюда, скорость поднятия составляла 2–3 мм в год, что также говорит о высокой активности тектонических процессов в регионе в то время. Тем более что, аналогичные явления были зафиксированы авторами и в более низких частях террас – по крайней мере, до датированных ими [Шейнкман и др., 2017] осадков МИС-5.

На палеоклиматических кривых (рис. 3) ход и глубина криохронов, по крайней мере, второй половины квартера практически повторяют друг друга [Lisiecki, Raymo, 2005]. Поскольку общие закономерности циркуляции атмосферы в течение квартера были едины [Стрелецкая и др., 2015; Шейнкман, Мельников, 2019], в нем должны проявляться одни и те же закономерности развития криогенных систем – подтверждая господство во время криохронов глубокого промерзания горных пород и, соответственно, отсутствие возможности развития в таких условиях ледниковых щитов.

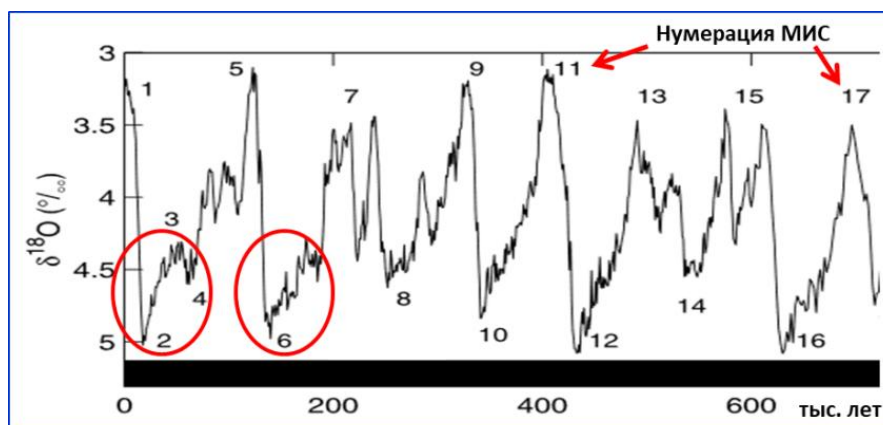


Рис. 3. Палеогеографическая летопись по [Lisiecki, Raymo, 2005]. Красным овалом выделен ход последних криохронов квартера.

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

ЛИТЕРАТУРА

- Арктический бассейн (геология и морфология). Под ред. Каминского В.Д., Пискарева А.Л., Поселова А.В. СПб.: Изд. ВНИИОкеангеология. 2017. 291 с.
- Архипов С.А. Главные геологические события позднего плейстоцена (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 6. С. 792–799.
- Григорьев Н.Ф. Мерзлотно-гидрогеологические особенности района г. Игарки. Якутск, Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1991, 56 с.
- Григорьева С.В., Макаров В.И. Новейшая структурно-геодинамическая зональность Западно-Сибирской платформы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 2. С. 114–126
- Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2007. № 3. С. 3–10.
- Дубиков Г.И. Состав и криогенное строение мерзлых толщ Западной Сибири. М.: ГЕОС, 202. 246 с.
- Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). Томск: ТГУ, 1976. 344 с.
- Кративнер Р.Б. Кризис ледниковой теории: аргументы и факты. М.: ГЕОС. 2018. 320 с.
- Кузин И.Л. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. СПб.: Изд. Государственной полярной академии. 2005. 176 с.
- Маловичко А.А., Коломиец В.В., Рузайкин А.И. Сейсмичность России в 2015 году // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 4. С. 21–34.
- Мусатов Е.Е. Неотектоника Баренцево-Карского шельфа // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1990. № 5. С. 20–27.
- Никонов А.А. Сейсмодеформации в рыхлых отложениях и их использование в палеосейсмологических реконструкциях // Проблемы современной сейсмологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии. Т. 2. Иркутск: ИЗК. 2007. С. 56–58
- Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Облогов Г.Е., Токарев И.В. Реконструкция палеоклимата российской Арктики в позднем неоплейстоцене–голоцене на основе данных по изотопному составу полигонально-жильных льдов // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX. № 2. С. 98–106.
- Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. 2012. 179 с.
- 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. Том 494. № 1. С. 82–86. doi: 10.31857/S2686739720090169
- Шейнкман В.С., Мельников В.П. Эволюция представлений о холоде и возможные пути их развития в науках о Земле // Криосфера Земли. 2019. Том XXIII. № 5. С. 3–16. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2019-5(3-16)
- Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначёв В.П. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // ДАН. 2017. Т. 477. № 4. С. 480–484. doi: 10.7868/S0869565217340199
- <https://allrivers.info>
- Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records // *Paleoceanography*. 2005. Vol. 20, PA1003. doi: 10.1029/2004PA001071
- 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

ANALYSIS FROM THE POSITION OF PALEOCRYOLOGY OF NON-GLACIATED NORTH-WESTERN SIBERIAN DEVELOPMENT IN THE PLEISTOCENE

¹*Sheinkman V.S.*, ²*Sedov S.N.*, ³*Parnachev V.P.*

¹Earth Cryosphere Institute, Tyumen, Russia; vlad.sheinkman@mail.ru

²Unated National University of Mexico, Mexico

³National Research Tomsk University, Tomsk, Russia

In the given work, materials characterizing Pleistocene environments in North-Western Siberia from the position of paleocryology are presented. They show non-glaciated development of the region. The approach has been based on complex analysis of studied objects united by a cryogenic system. An experience of applying the working out approach to analyze the causes of contradictions in respect to structure of the Quaternary complex in the region and to solve these contradictions has been elucidated. On such a base, characteristic features of development of the studied area have been considered.

Keywords: *cryogenesis and paleocryogenesis, Pleistocene, cryogenic systems, North-Western Siberia*