

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕРЗЛОТЫ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

¹Шухвостов Р.С., ¹Дуданова В.И., ²Письменюк А.А., ¹Стрелецкая И.Д., ³Шитов М.В.

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

³ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, Россия

В уникальном разрезе позднеледниковых отложений на правом берегу р. Оять между деревнями Шириничи и Шангиничи представлен парагенетический комплекс палеокриогенных структур и субаэральных отложений, формирование которых отражает климатический экстремум позднего дриаса (Younger Dryas). Формирование мерзлоты оятского криокомплекса произошло за очень короткий промежуток времени позднего дриаса, то есть, приблизительно, за 600–700 лет.

Ключевые слова: *поздний дриас, псевдоморфозы, криотурбации, палеокриогенез*

Введение. Перигляциальная зона максимума последнего (осташковского, поздневалдайского) оледенения и связанные с ней следы древней мерзлоты на территории Восточно-Европейской равнины давно и хорошо известны [*Изменение климата...*, 1999]. Вместе с тем, проблема аградации мерзлоты на фоне отступления ледника в конце позднего неоплейстоцена остается плохо изученной. Известны описания следов позднедриасовой многолетней мерзлоты к северу и востоку от Ладожского озера [*Donner, Delusin, 1995*] и на южном побережье Финского залива, где были реконструированы среднегодовые температуры пород ниже -8°C [*Стрелецкая, 2017*].

Основные результаты. В ходе полевых и камеральных работ 2018–2022 гг. на территории Онежско-Ладожского региона (Рис. 1) было изучено более 10 разрезов позднеледниковых отложений со следами древних криогенных процессов. В этих разрезах ранее удалось выделить пять криокомплексов характерными особенностями строения палеокриогенных структур и их связи с формами современного и древнего рельефа – датированными террасами разновозрастных флювиальных систем и приледниковых бассейнов [*Шухвостов, Шитов, 2021*]. Наиболее полным является оятский криокомплекс, выделенный на правом берегу р. Оять между дер. Шириничи и Шангиничи (Рис. 1), где в обнажении на протяжении 200 м вдоль берега вскрывается разрез террасы Балтийского ледникового озера с площадкой на отметке 25 м абс. высоты (Рис. 2).

На протяжении 100 м были вскрыты крупные клиновидные структуры, образующие полигональную сеть со стороны полигонов от 2–3 до 5–6 м и небольшие песчаные клинья с полигонами – 0,7–1,0 м. Крупные клинья имеют вертикальную протяженность 3–4 м, мелкие – до 1,5 м. Расширенные части структур (шириной около 1,0 м), до глубины 1,0–1,5 м являются грунтовыми клиньями, которые образовались в слое сезонного оттаивания в прошлом. Нижние части клиньев значительно уже и являются псевдоморфозами по вытаявшим полигонально-жильным льдам (ПЖЛ), где средняя ширина трещин составляет около 0,1–0,2 м. Клинья такого типа берут начало с одного стратиграфического уровня – границы нивейно-эоловых и лессовидных суглинков [*Шухвостов, Шитов, 2021*]. Верхние части структур заполнены тонкозернистым песком, залегающим на границе лессовидных суглинков. Заполнение нижней узкой части клиньев (псевдоморфоз) представлено отложениями как вышележащих, так и вмещающих пород. Слои вмещающих пород отгибаются вниз по оси, реже вверх (в верхней части трещин). Также во вмещающих отложениях развиты серии ступенчатых сбросов амплитудой до 0,1 м. Наиболее крупные сбросы развиты по краям псевдоморфоз, с глубиной по оси трещин их амплитуда угасает (Рис. 4).

Ожелезненные горизонтальные прослои в верхних частях разреза свидетельствуют о глубине оттаивания реликтовой мерзлоты с поверхности.

Закономерное изменение посткриогенной текстуры и морфология криогенных структур указывают на реликтовую дневную поверхность и развитие многолетнемерзлых грунтов. А криотурбированный горизонт – глубину оттаивания. Это произошло, видимо, во второй половине аллереда около 11,4 тыс. ^{14}C л.н. и связано с первым спуском Балтийского ледникового озера (БЛО) [Svensson, 1991]. С началом накопления нивейно-эоловых песков сингенетическое промерзание сильно замедляется, что обусловлено специфическими природными условиями – устанавливается полупустынный криоаридный климат [Dijkmans, 1990], при котором закладывается следующая генерация трещин – песчаные клинья, а трещины первой генерации в это время продолжают расти как ледогрунтовые жилы. Данные условия можно отнести ко времени климатического минимума позднего дриаса, когда поступало малое количество осадков, а среднегодовые приповерхностные температуры лета редко переходили через 0°C .



Рис. 3. Посткриогенная текстура (фото – Письменюк А.А.)

Разрез был изучен стандартными геокриологическими методами. Кроме того, там были отобраны 15 образцов для гранулометрического анализа и анализа морфометрии и морфоскопии кварцевых зерен, а также для определения коэффициента криогенной контрастности (ККК). Этот коэффициент является количественной характеристикой степени криогенного выветривания пород, при котором происходит обогащение кварцем мелкопесчаной фракции [Конищев, 1981]. Как правило, отложения в пределах сплошной многолетней мерзлоты имеют значения ККК > 1 , или близкие к нему, а вне зоны ее распространения ККК < 1 .

Из 15 изученных образцов только в одном ККК оказался близок 1 (0,85 – из отложений, заполняющих псевдоморфозу). Значения ККК в остальных образцах изменяются от 0,73–0,65 до 0,26, что свидетельствуют о глубоком сезонном промерзании толщ, но исключают сплошное распространение мерзлоты. Такой вывод противоречит многочисленным разнообразным следам древней мерзлоты с полигональной сетью псевдоморфоз по повторно-жильным льдам, песчаными клиньями и жилами, которые вместе с нивейно-эоловыми песками, образуют единый парагенез, указывающий на экстремальный криоаридный климат.

Это противоречие, видимо, является следствием суровых условий и формирования горизонта сухой ненасыщенной мерзлоты [Романовский, 1977], в котором на протяжении всего года температуры пород почти не проходили через 0°C. Из-за отсутствия воды в жидкой форме механическое разрушение песчаных частиц происходило только за счет термических напряжений с образованием микротрещин, развитие которых с дальнейшим криогенным дроблением было осложнено, из-за чего не произошло смещения максимума содержания кварца в сторону мелких фракций и, тем самым, проявилось существенное ограничение принципа, на котором основано применение коэффициента криогенной контрастности.

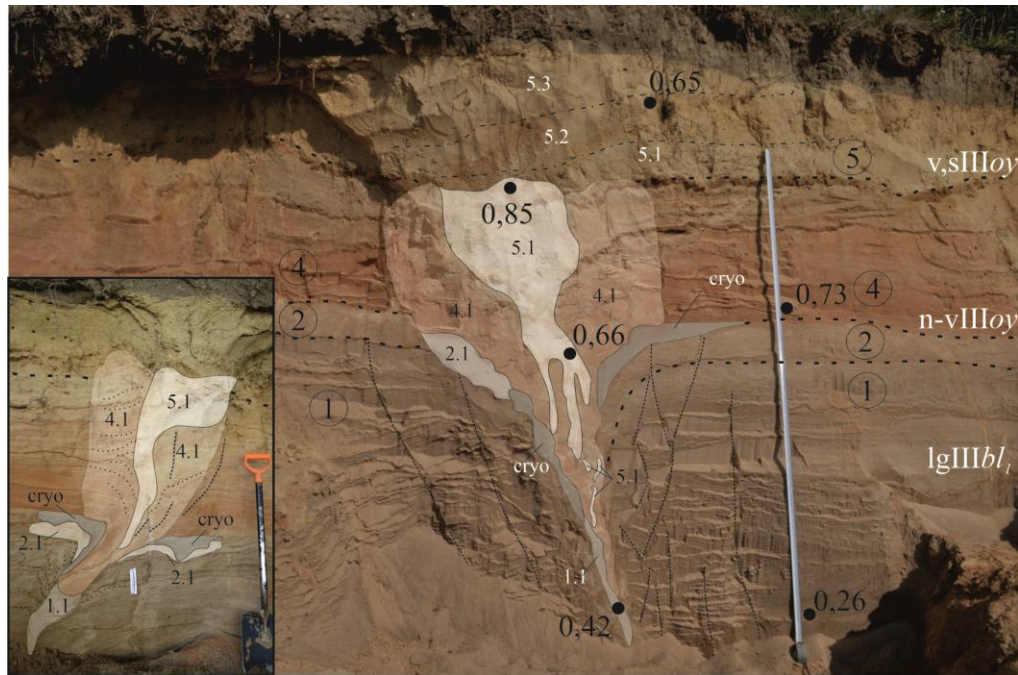


Рис. 4. Псевдоморфозы по повторно-жильному льду со значениями ККК

Заключение. Оятский криокомплекс начал формироваться со второй половины аллерада около 11,4 тыс. ¹⁴C лет назад, когда при первом дренаже Балтийского ледникового озера начала осушаться терраса с площадкой на 25 м абс. высоты. С этого времени, видимо, начинает интенсивно развиваться палеокриолитозона с образованием ледяных жил, которые образовали полигональную сеть ПЖЛ. В климатический экстремум позднего дриаса установились крайне суровые криоаридные условия, при которых в условиях сухой мерзлоты образовались песчаные клинья и жилы, и происходило отложение нивейно-эоловых песков [Dijkmans, 1990], а затем при относительном смягчении климата – лессовидных суглинков. Последующее потепление привело к деградации мерзлоты и образованию псевдоморфоз по ПЖЛ.

Выводы. Формирование мерзлоты оятского криокомплекса произошло за очень короткий промежуток времени позднего дриаса, то есть, приблизительно, за 600–700 лет. За это время на территории от моренных гряд Сальпаусселькя в Финляндии [Donner, Delusin, 1995] и от южного берега Финского залива в районе пос. Низино [Стрелецкая, 2017] до юго-восточного Приладожья успела сформироваться сплошная низкотемпературная криолитозона с температурой пород варьировались от -3° до -8°C.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова "Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и ГЗ «Эволюция криосферы при изменении климата и антропогенном воздействии» № 121051100164.

ЛИТЕРАТУРА

Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена). Под ред. А.А. Величко М.: ГЕОС. 1999. – 260 с.

Конищев В.Н. Формирование состава дисперсных пород в криолитосфере // Новосибирск, Наука, 1981, 197 с.

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

Стрелецкая И.Д. Клиновидные структуры на южном берегу Финского залива // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. №1. С. 3-12,

Шухвостов Р.С., Шитов М.В. Следы криогенных процессов в позднеледниковых отложениях Онежско-Ладожского региона // Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко – М.: Институт географии РАН, 2021. С. 468-470.

Dijkmans J.W.A. Niveo-aeolian Sedimentation and Resulting Sedimentary Structures; Søndre Strømfjord area, Western Greenland // Permafrost and Periglacial Processes. 1990, Vol. 1. Is. 2. P. 83–96. doi: 10.1002/ppp.3430010202

Donner J., Delusin I. Late Weichselian periglacial features in south-eastern Finland and the surroundings of Lake Ladoga in Russia // Bull. Geol. Soc. Finland. 1995. Vol. 67. Part II. P. 65–72.

Svensson N.-O. Late Weichselian and early Holocene shore displacement in the central Baltic Sea // Quaternary International. 1991. Vol. 9. P. 7–26. doi: 10.1016/1040-6182(91)90059-W

CONDITIONS OF FORMATION OF PERMAFROST IN THE LATE PLEISTOCENE ON THE SOUTH-EASTERN LADOGA AREA

¹*Shukhovostov R.S.,* ¹*Dudanova V.I.,* ²*Pismeniuk A.A.,* ¹*Streletskaya I.D.,* ³*Sheetov M.V.*

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²VNIOkeangeologiya, St. Petersburg, Russia

³Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

In a unique section of late glacial deposits on the right bank of the Oyat' river between the villages of Shirinichi and Shanginichi, there is a paragenetic complex of paleocryogenic textures and subaerial deposits, the formation of which reflects the climatic extreme of the Younger Dryas. The permafrost formation of the Oyat cryocomplex took place in a very short period of the Younger Dryas, that is, approximately 600–700 years.

Keywords: *Younger Dryas, ice wedges cast, cryoturbations, paleocryogenesis*