

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-632-638



## ОТЛОЖЕНИЯ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ АНАДЫРЬ. ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ

✉ Шухвостов Р.С.<sup>1,2</sup>, Школьный Д.И.<sup>1</sup>, Семаков В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт географии РАН, Москва, Россия

✉ r.shux18@gmail.com

Впервые рассмотрены особенности строения и состава позднеплейстоценовых повторно-жильных структур в среднем течении реки Анадырь. Проведено сравнение криолитологического строения с известными разрезами в сопредельных районах Чукотки. Определен генезис отложений, в которых развит ледовый комплекс. Отобраны образцы, которые позволяют дать количественную оценку изменения палеогеокриологических и палеоклиматических условий региона в позднем неоплейстоцене.

Ключевые слова: *ледовый комплекс, повторно-жильные льды, сингенетические ледяные жилы, поздний неоплейстоцен, Анадырь*

**Введение.** Для территории Чукотки известно большое количество местонахождений повторно-жильных льдов голоценового возраста в прибрежных районах региона [Гасанов, 1969, Втюрин, 1964, Котов, 1998]. Во внутренних районах Чукотского полуострова было описано всего несколько опорных разрезов с позднеплейстоценовыми ледовым комплексом [Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., 2017, *Новейшие отложения...*, 1980]. Наиболее подробно изучены разрезы в долине р. Майн – «Ледовый обрыв», «Усть-Алганский разрез» и «Мамонтов обрыв» [Новейшие отложения..., 1980, Ложкин и др., 2000]. Цель работы – рассмотреть особенности строения и состава позднеплейстоценовых едомных толщ в среднем течении р. Анадырь, сопоставить с имеющимися данными в долине р. Майн и оценить изменения палеогеокриологических и палеоклиматических условий в позднем неоплейстоцене и голоцене.

**Материалы и методы.** Район исследований находится в среднем течении р. Анадырь в пределах Марковской впадины, которая занимает прогиб между Колымским, Корякским и Чукотским нагорьями. Характер разветвления основных русел Анадыря с множеством протоков различного размера формируют почти единую геоморфологическую поверхность – плоскую аллювиальную равнину, на большей части территории Марковской впадины. Лишь несколько более возвышенных территорий представляют собой озерно-аллювиальные плоские равнины.

В ходе полевых работ в августе 2024 года было изучено три разреза с принципиально различным геологическим строением. В данных разрезах предварительно выделяются периоды озерной и аллювиальной седиментации, а также субэральных обстановок с обильным торфонакоплением. Все разрезы находятся на правом берегу р. Анадырь в 12 км выше по течению от устья р. Майн (рис. 1). В разрезе DYR24-1 опробована ледяная жила на определение изотопного состава льда (6 образцов). В разрезе DYR24-2 отобрано 27 образцов на комплекс литологических анализов (измерение гранулометрического состава и потери при прокаливании). Из разрезов DYR24-2 и DYR24-9 отобрано 6 образцов органического материала на радиоуглеродное датирование. Обнаженность берегов в данном районе плохая, лишь изредка встречаются свежие обнажения, не требующие огромного количества вскрышных работ.



Рис. 2. Район работ в среднем течении р. Анадырь

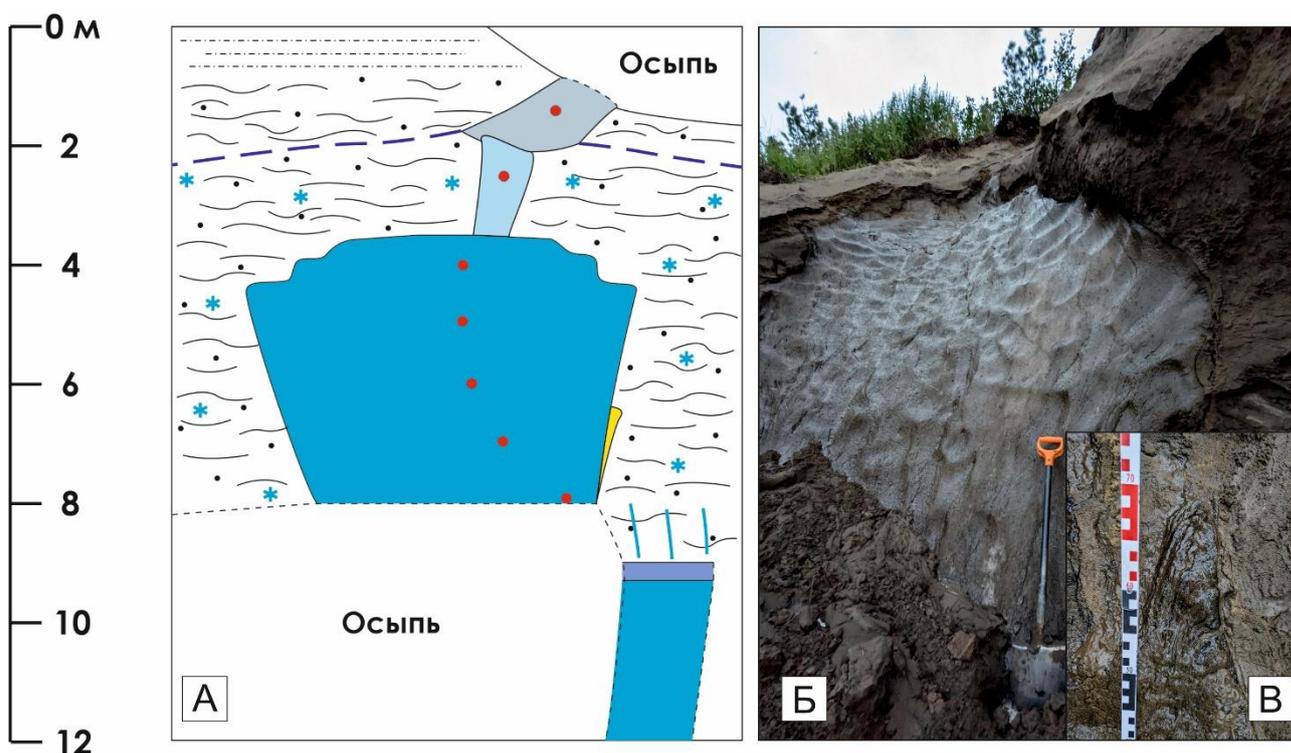


Рис. 3. Разрез DYZ24-1. А – схема разреза (красными точками места пробоотбора), Б – общий вид верхней структуры, В – текстурные особенности жильного льда.

### Результаты.

**Разрез DYZ24-1** (65.13° с.ш., 172.01° в.д.). Здесь, в береговом обрыве высотой 29 метров обнажается разрез пологонаклонной озерно-аллювиальной равнины. Абсолютная отметка бровки обрыва 39.13 м. Поверхность постепенно понижается в глубь от русла р. Анадырь. Сверху вниз вскрывается (рис. 2):

1. До глубины 1.2 м выходят массивные неясно слоистые тонкозернистые пески с высокой примесью алевро-пелитового материала светло-бурого цвета. Граница с нижележащим слоем постепенная согласная.

2. Далее залегает мощная пачка тонко- и мелкозернистого песка с горизонтально-параллельной слоистостью, видимой мощностью 10 метров. Местами присутствуют пятна ожелезнений. Встречаются редкие линзы с органическим и глинистым материалом.

Мерзлые породы вскрываются в 1.5–2.0 метрах от дневной поверхности. Примерно на этом же уровне обнажается росток жильного льда размерами 1.0x0.5 м. Верхняя его часть скрыта под мощной осыпью, поэтому, вероятнее всего, он может начинаться с дневной поверхности. Ниже ростка наблюдается крупная жильная структура. Видимая вертикальная протяженность более 4х метров, максимальная ширина 3.8 м. Имеет характерные плечики, границы с мерзлыми вмещающими отложениями четкие, по ним часто встречаются обособленные тонкие элементарные жилки. Лед полосчатый, вертикально слоистый. Чередуются слои с минеральными включениями и без них, мощностью до 1 см, чаще 2–3 мм.

В правой части расчистки по границе жилы и мерзлого грунта вскрыта погребенная песчаная жила, вертикальной протяженностью 1.5 м, шириной 1-2 см. В мерзлом грунте часто встречаются субвертикальные шпирьы до 1.5 м глубиной и 1 см толщиной, расстояние между соседними до 20–30 см.

В 2х метрах ниже в следующей расчистке еще один блок талого грунта. Здесь вскрывается волнисто-линзовидная слоистость с линзами органики. Ниже линза льда, мощностью 20 см. Лед в кровле и подошве более темного цвета, полосчатый, пузырьки газа хаотично распределены по всей мощности. От этой линзы (прослоя) начинается следующая ПЖЛ с видимой вертикальной протяженностью 3 метра и шириной до 2 метров.

**Разрез DZR24-2** (65.13° с.ш., 171.99° в.д.). Береговой обрыв высотой 15 метров с отметкой бровки 25 метров абсолютной высоты. Находится в 240 метрах от предыдущего обнажения вверх по течению реки. Сверху вниз вскрываются:

1. Мерзлые породы начинаются с дневной поверхности. До глубины 2 метров развиты массивные темно-бурые алевро-пелиты.

2. Ниже до 2.8 м наблюдается небольшая пачка бурых монотонных тонкозернистых песков с примесью алеврита. Редко встречаются прослои ожелезненных песков схожих по гранулометрическому составу с матриксом пачки. Еще реже встречаются бессистемные линзы мелкозернистого песка. Граница с нижележащим слоем постепенная, согласная.

3. Далее до глубины 7.5 м залегает толща неслоистого темно-сизого песка, с высокой долей алевритистого материала. Местами есть прослои чистого мелкозернистого песка. Вместе образуют ритмичную слоистость. Толщина слоев 1-2 см. В пачке распространены хрупкие линейные деформации (вертикальные и горизонтальные). Тонкие разнонаправленные трещинки, вертикальной протяженностью до 3х метров и шириной до 1 см. Заполнены такие трещинки отбеленным мелкозернистым песком. По их бортам текстуры затеков, иногда несколько «хвостов» и «корней». В интервале от 4х до 5ти метров переслаивание включено в деформации, которые носят сбросовый характер и амплитудой до 5 см. Тонкие трещинки иногда разделяют слоистые тонко- и мелкозернистые алевритистые пески с монотонными чистыми мелкозернистыми песками. Также часто встречаются латерально расходящиеся тонкие трещинки. Редко встречаются включения и линзы хорошо разложившегося органического материала. По всей пачке распространены включения зерен вивианита до 1 см по длинной оси. Также встречаются единичные зерна гравия и дресвы. На глубине 6.5 метров тонкая трещинка расширяется сначала до 1-2 см, а к окончанию в 0.5 м ниже до 12 см. В этой части вскрываются шпирьы и включения льда. Контакт с нижележащей пачкой постепенный, согласный по структурно-текстурным особенностям.

В левой части расчистки в 3х метрах от дневной поверхности вскрывается псевдоморфоza по ПЖЛ (рис.). Вмещающие отложения – алеврит с примесью мелкого песка. Вмещающий материал сильно трещиноват, текстур нет. Редко читается неявно выраженная слоистость. Заполнена трещина хорошо разложившимся черным торфом с остатками современных корней и других растительных остатков (торф современный?). Вертикальная протяженность 1.5 м, ширина в устье 0.4 м, нижний метр шириной около 0.1 м.

4. Следующая пачка развита до глубины 11.7 м. Она представлена переслаиванием зеленовато-серого мелко- и среднезернистого песка с темно-синими алевритами. Прослой по мощности почти совпадают. В верхней части до 3х см, в интервале с 8.2 до 8.7 м мощнее – до 7 см. Ниже, до 9.1 м, песчаные прослой увеличиваются до 8 см, а алевритовые наоборот сокращаются до 1 см. Ниже, до 10 метров, нормальное параллельное переслаивание на 10 метрах прослой хорошо разложившегося бурого торфа мощностью до 2-4 см. Прослой с характерными следами размыва в кровле и подошве. Ниже, до 10.7 м, слои становятся слегка перемяты – включены в небольшие пластичные деформации. На 10.85 второй хорошо выраженный прослой торфа. Граница с нижележащей толщей резкая с размывом.

5. До глубины 12.6 м пачка зелено-серых песков полого наклонных в сторону современного течения р. Анадырь. Угол наклона не превышает 10 град. Вновь появляются тонкие трещинки, заполненные белесым песком. Граница с нижележащим слоем резкая с размывом. В кровле слой 10 см горизонтально слоистых чистых мелкозернистых песков. Этот горизонт залегает с размывом на полого наклонных песках (вероятно, можно выделить как отдельную пачку/слой).

6. Слой плотного опесчаненного алеврита с тонкими трещинками насыщенного бурого цвета залегает до глубины 13.7 м. Обильны включения вивианита. Встречаются тонкие прослой песка. Иногда включения белого суглинка, по длинной оси до 5 см. Граница с нижележащей толще постепенная, согласная.

7. В основании разреза до глубины 15 м переслаивание темно-серого алеврита и светло-серых мелкозернистых песков. Слои перемяты, мощность до 7 см. Слои слабо наклонены в противоположную сторону от современного течения р. Анадырь. Толща мерзлая, многие структурно-текстурные особенности утрачены.

**Разрез DYR24-9** (65.13° с.ш., 171.95° в.д.). Находится в 2х км выше по течению от предыдущего разреза. Абсолютная высота бровки обнажения – 26. 6 метров. Сверху вниз вскрываются:

1. В первом метре вскрывается толща переслаивающихся светло-серых мелких алевритов с примесью тонкозернистого песка и темно-серыми органическими прослоями. Слоистость волнисто-линзовидная по всей пачке. Мощность прослоев от 10–15 см до 1–2 мм. На 0.93–0.98 м выдержанный горизонт хорошо разложившегося бурого торфа. По латерали мощность увеличивается до 20 см, вероятно, в следствии склоновых процессов. Внутри торфа наблюдается горизонтальная слоистость. Граница с нижележащим горизонтом ровная, четкая – эрозионная.

2. Ниже до глубины 1.8 м органические прослой становятся темнее – вероятно, увеличивается количество содержания органики. В светлых прослоях появляется тонкозернистый песок и его количество постепенно увеличивается к низу пачки. В нижних 15–20 см слои становятся более выдержанными. Появляются включения небольших углей (до 0.5 см). Слоистость носит градационный характер. С нижележащей пачкой граница резкая – эрозионная.

3. Мощный слой хорошо разложившегося разного по растительности торфа (рис. 3). Верхние 10 см сильно спрессованы, красно-бурого цвета. Часто встречаются ветки и целые сохранившиеся листочки. На 1.9–2.0 м торф черного цвета. На 2.1 м сфагновый торф с бревнами березы. В подошве горизонт пожаров с углями до 4 см. Линза торфа развита до глубины 2.2 метра. Нижняя граница эрозионная.

4. Переслаивание тонкозернистых песков с алевро-пелитами до 3.4 м. Слоистость линзовидная. Часто встречаются мощные прослои (до 7 см толщиной) органического материала. На 2.7–3.0 м инволюции с палеопочвой (?). До 3.4 м гомогенизированная глина серая с небольшой примесью тонкозернистого песка. Граница постепенная – согласная.

5. Ниже до глубины 4 м сизая гомогенизированная глина с зернами тонкозернистого песка. Мерзлая, с вертикальными и горизонтальными шлирами. Мощность шлиров 2–3 мм до 1 см, интервалы до 5–8 см.

#### **Обсуждение.**

Характерная особенность многих поздненеоплейстоценовых отложений, развитых в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород – наличие в них ледового комплекса. Жильные образования, вскрытые в среднем течении р. Анадырь, вероятно, могут относиться к таковым.



Рис. 4. Линза торфа в разрезе DYR24-9.

В разрезе DYR24-1 обнаружена крупная сингенетическая ледяная жила. Время ее образования может приходиться на поздний неоплейстоцен. В пользу этого суждения говорят размеры жильной структуры – видимая вертикальная протяженность составляет 10 метров, а ширина 3.8 метра. В добавок, в сопряженном районе – долине р. Майн, комплексно исследованы едомные отложения в трех ключевых разрезах региона, которые датируются этим временем [Ложкин и др, 2000, Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., 2017]. В «майновских» разрезах определяется несколько циклов образования жильных структур в позднем неоплейстоцене и голоцене [Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., 2017]. Вероятнее всего, ледяные жилы в среднем течении р. Анадыря тоже могут быть многоярусными. Как минимум на это косвенно указывает прослой льда, который разделяет жилу на верхнюю и нижнюю структуры (рис). Генезис отложений, в которых развита ледяная трещина, трудно определим. Многие структурно-текстурные особенности осадков утрачены в следствие активных криогенных процессов, однако в небольших расчистках оттаявшего грунта удастся пронаблюдать горизонтально-параллельную и волнисто-линзовидную слоистость, которые характерны для водно-осадочных обстановок седиментации.

Разделить на отдельно озерные или аллювиальные условия осадконакопления в данном разрезе пока не удастся.

Разрез DYR24-2 был заложен как ненарушенный полигонально-жильными структурами участок берегового обрыва. Гипсометрически он находится на 15 метров ниже предыдущего разреза с ледяной жилой. При дешифрировании аэрофотоснимков хорошо читаются разные геоморфологические поверхности двух разрезов по характеру растительности (рис. 1). На поверхности, в которой заложен разрез DYR24-2 можно выделить несколько линейных структур, напоминающих по своей морфологии участки древнего русла. Вероятнее всего, это косвенно указывает на более молодой возраст данной поверхности. Структурно-текстурные особенности отложений, слагающих разрез, указывают на динамичное накопление осадков в водной среде. Возможно, их накопление могло происходить в аллювиальных условиях.

Разрез DYR24-9 находится на похожем гипсометрическом уровне с разрезом DYR24-2, что косвенно может указывать на их одновозрастное образование. Особенностью данного обнажения можно назвать мощную линзу торфа, развитую в верхней части разреза. В толще торфа обнаружены следы стволов берез, которые в данный момент не растут в районе исследований. На их положение *in situ* указывает хорошо сохранившаяся кора, которая в случае перемещения в водной среде неизбежно была бы удалена. В данной линзе торфа хорошо выделяются слои с разной растительностью, что может указывать на динамическую смену климатических обстановок во время его образования.

#### **Заключение.**

Полученные материалы позволяют определить 25-ти метровую террасу в среднем течении р. Анадырь аллювиальную. Впервые для данного участка долины определены едомные толщи, в которых развиты сингенетические повторно-жильные образования. Ледовый комплекс, вероятнее всего, развит в древнем аллювии Анадыря, на что указывает геоморфологические особенности сопряженных поверхностей вдоль берегового обрыва – наличие древних участков палеорула. Отобраны образцы для радиоуглеродного датирования, комплекса литологических анализов, а также на изучение изотопного и геохимического состава сингенетических льдов. Дальнейшее изучение данного региона позволит расширить представления об эволюции специфических природных геосистем внутренних районов Чукотки в позднем неоплейстоцене и голоцене.

Работа выполняется в рамках проекта РНФ № 24-27-00149 «Морфодинамика русла реки Анадырь в условиях гидроклиматических изменений и мерзлотных процессов».

#### **ЛИТЕРАТУРА**

*Васильчук Ю. К., Васильчук А. К.* Повторно-жильные льды долины реки Майн и реконструкция зимних палеотемператур воздуха южной Чукотки 38-12 тысяч лет назад // Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 5. С. 27-41. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2017-5(27-41)

*Втюрин Б.И.* Криогенное строение четвертичных отложений (на примере Анадырской низменности). М., Наука, 1964, 152 с.

*Гасанов Ш.Ш.* Строение и история формирования мерзлых пород Восточной Чукотки. М., Наука, 1969, 168 с.

*Котов А.Н.* Криолитогенные гряды в долине р. Танюрер (Чукотка) // Криосфера Земли. 1998. Т. II. № 4. С. 62–71.

*Ложкин А.В., Котов А.Н., Рябчун В.К.* Особенности палеоботанической характеристики и радиоуглеродное датирование осадков Ледового обрыва (юго-восток Чукотки) // Берингия в четвертичный период. Магадан, СВКНИИ ДВО РАН, 2000, с. 118–131.

*Новейшие отложения и палеогеография плейстоцена Чукотки* / Под ред. П.А. Каплина. М.: Наука, 1980. 285 с

## ICE COMPLEX DEPOSITS IN THE MIDDLE REACH OF THE ANADYR RIVER. FIRST DATA

*Shukhvostov R.S.<sup>1,2</sup>, Shkolnyi D.I.<sup>1</sup>, Semakov V.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

The features of the structure and composition of Late Pleistocene ice wedges in the middle reaches of the Anadyr River are considered for the first time. The cryolithological structure is compared with known sections in adjacent areas of Chukotka. The genesis of deposits in which the ice complex is developed is determined. Samples are selected that allow a quantitative assessment of changes in the permafrost and climatic conditions of the region in the Late Pleistocene.

Keywords: *ice complex, ice wedges, syngenetic ice wedges, Late Pleistocene, Anadyr*

### REFERENCES:

- Vasil'chuk Y.K., Vasil'chuk A.C.* Ice wedges in the Mayn river valley and winter air paleotemperatures in the Southern Chukchi Peninsula at 38-12 Kyr BP // *Earth's Cryosphere*. 2017. Vol. 21. № 5. P. 24–35. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2017-5(27-41)
- Vtyurin B.I.* Cryostratigraphy of Quaternary Deposits (Case Study of the Anadyr Plain). Nauka, Moscow, 1964. 152 p. (in Russian)
- Gasarov Sh.Sh.* Structure and History of Permafrost in the Eastern Chukchi Peninsula. Nauka, Moscow, 1969. 168 p. (in Russian)
- Kotov A.N.* Permafrost ridges in the Tanyurer River (Chukchi Peninsula) // *Earth's Cryosphere*. 1998. Vol. II. Is. 4. P. 62–71. (in Russian)
- Lozhkin A.V., Kotov A.N., Ryabchun V.K.* 2000. Paleobotanic features and radiocarbon dating of sediments in the Ice Bluff (southeastern Chukchi Peninsula) // *Quaternary History of Beringia*, SVKNII DVO RAN, Magadan. P. 118–131. (in Russian)
- Kaplin P.A.* (Ed.) Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography of the Chukchi Peninsula. Nauka, Moscow, 1980. 295 p. (in Russian)