

СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА В ДОЛИНЕ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ИНДИГИРКИ

¹Платонов И.А., ²Тумской В.Е., ¹Тарасов А.И., ²Торговкин Н.В., ²Романис Т.В.

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

²Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

Распространение, строение и условия залегания ледового комплекса в долине р. Индигирки изучены недостаточно. В работе представлены результаты полевых исследований в долине р. Индигирки в среднем её течении: уточнено положение южной границы распространения ледового комплекса, выделено два горизонта отложений ледового комплекса, различающиеся по возрасту и криогенному строению: едомный и предположительно аллаиховский, отличающийся меньшей льдистостью и наличием массивной криогенной текстуры.

Ключевые слова: ледовый комплекс, Индигирка, повторно-жильный лед, криогенная текстура, термоэрозионно-пещерный лед, термоцирк.

Введение. Ледовым комплексом (ЛК) называют толщи высокольдистых синкриогенных отложений, содержащие сингенетические повторно-жильные льды (ПЖЛ) [Романовский, 1993]. ЛК формировался в холодные эпохи неоплейстоцена в суровых климатических условиях. Несмотря на довольно широкое его распространение [Strauss et al., 2021], вопросов о его происхождении, условиях залегания и строении остается немало. Одним из наименее изученных районов в этом отношении остаются низовья р. Индигирки, где хорошо известны только обнажения Аччагый-Аллаиха [Каплина и др., 1980] и Воронцовский Яр [Втюрин и др., 1984].

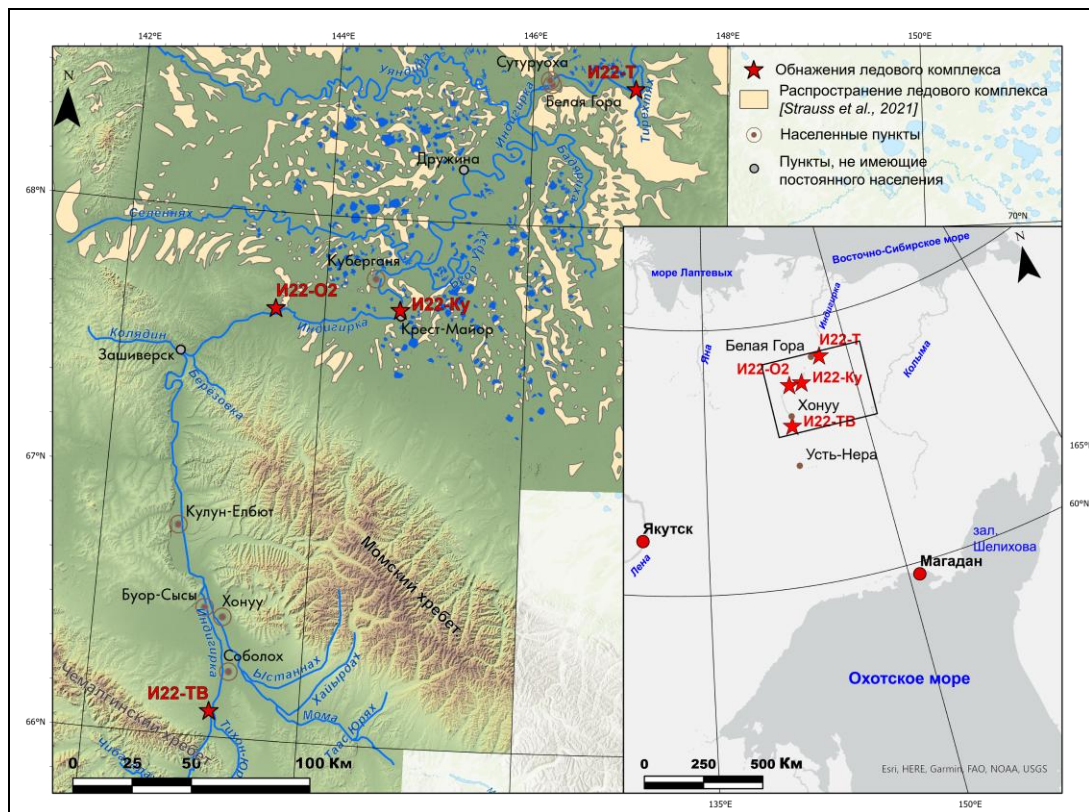


Рис. 1. Район исследований

Цель настоящей работы – дать общее описание условий залегания и особенностей строения ЛК в долине реки Индигирки на участке от пос. Усть-Нера до устья р. Тирехтях, расположенной ниже пос. Белая Гора в пределах Абыйской низменности. В июле-августе 2022 г. здесь проводились экспедиционные работы под руководством В.Е. Тумского (ИМЗ СО РАН). В настоящее время обнаженность берегов Индигирки очень плохая, поэтому удалось обследовать всего 4 обнажения ЛК (И22-ТВ, И22-О2, И22-Ку, И22-Т, см. Рис. 1), на которых производились криолитологическое описание, отбор образцов подземных льдов на изотопный анализ, отложений на гранулометрический и минералогический анализ, сбор палеонтологических остатков.

Природные условия района работ. Территория Абыйской низменности, где проводились основные работы, находится в зоне субарктического резко континентального климата, для которого характерна длинная суровая зима и короткое, но теплое лето. На метеостанции Усть-Мома (пос. Хонуу) среднегодовая температура воздуха для последних 50 лет составляет -13°C , средняя температура самого теплого месяца (июля) равна $+15,9^{\circ}\text{C}$, самого холодного (января) $-42,5^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая сумма осадков составляет 209,3 мм, максимум осадков приходится на июль (47,7 мм), минимум - на март (4,9 мм) [Булыгина и др., 2022а,б].

От Усть-Неры до Белой Горы река Индигирка пересекает Верхояно-Колымскую и Черско-Полоусненскую складчатые системы, Момский грабен, Индигиро-Момскую и Абыйскую впадины [Геологическая карта СССР..., 1986]. Складчатым областям соответствуют хребты Черского и Момский, представляющие собой средневысотные хребты, испытавшие поднятия в четвертичное время, впадинам соответствуют аккумулятивные Момо-Селенняхская котловина и Абыйская низменность, сложенные преимущественно аллювиальными толщами.

В пределах хребтов Черского и Момского коренные породы, формирующие основание разрезов с ЛК (обн. И22-ТВ и И22-О2), представлены алевритами, граувакковыми песчаниками и аргиллитами юрского и мелового возраста. Севернее, в пределах Абыйской низменности, верхние горизонты дочетвертичных отложений представлены миоценовыми и плиоценовыми конгломератами и галечниками из юрских и меловых пород (обн. И22-Ку и И22-Т).

Отложения в пределах Момо-Селенняхской котловины имеют температуру в пределах $-7,9\dots-9,4^{\circ}\text{C}$ [Геокриология СССР..., 1989], мощность мерзлых пород составляет 100–250 м. На территории Абыйской низменности температура пород составляет $-3\dots-10^{\circ}\text{C}$, мощность криолитозоны увеличивается до 200–500 м и более. Из криогенных процессов развиты морозобойное растрескивание, пучение, термоэрозия, солифлюкция. Выходы скальных пород подвержены криогенному выветриванию. На реках распространено наледеобразование.

В районе работ распространены северотаежные лиственничные леса с подлеском из тощей и кустарниковой березы, кедрового стланика на мерзлотно-таежных суглинистых почвах [Гвоздецкий, Михайлов, 1978]. Пойменные поверхности преимущественно занимают заросли ивы с хвощем, осоками и различными злаковыми.

Распространение и условия залегания ледового комплекса. Отложения ледового комплекса широко распространены в бассейне р. Индигирки, обычно вскрываясь в береговых обнажениях и термоцирках, образующихся по берегам рек. Согласно геологической карте (лист Q-54,55, м-б 1:1000000, 1986) и обзорной карте распространения ЛК [Strauss et al., 2021] в долине р. Индигирки отложения ЛК появляются только при выходе Индигирки на Абыйскую низменность, немного выше с. Куберганя. Однако нами он был впервые встречен в Момо-Селенняхской впадине выше с. Соболох на северных склонах Чемалгинского хребта (точка И22-ТВ) на широте $66^{\circ}05'$ на левом берегу Индигирки перед впадением р. Тирехтях. Высота поверхности здесь составляет 41 м над уровнем воды в реке, мощность ЛК составляет всего 5-6 м. Отложения ЛК представлены супесями бурыми и буровато-серыми, с включениями слабо-

и среднеокатанного обломочного материала размером до 5 см, редко – до 10 см. Криогенная текстура поясковидная, пояски толщиной до 5 см, расположены через 15-20 см. Ширина ледяных жил составляет около 3 м, размер полигонов около 10 м. Подстилает ЛК толща серых гравийно-галечниковых отложений с песчаным заполнителем. Над ЛК залегает покровный слой мощностью 1,6 м.

Следующее обнажение ЛК установлено также на левом берегу Индигирки выше пос. Куберганя в поле отложений ЛК, показанных на картах. В точке И22-О2 он обнажается в четырех термоцирках. Высота бровки берега составляет здесь 62 м над уровнем воды в реке. Был обследован верхний по течению термоцирк шириной 95 м, в котором видимая мощность ЛК составила 11,7 м. ЛК (Рис. 2) перекрыт покровным слоем, подстилается аллювиальными гравийно-галечными отложениями, залегающими, в свою очередь, на коренных породах. Подошва ЛК не обнажена. Отложения ЛК представлены суглинком темным зеленовато-серым, с включениями нитевидных корешков и оторфованных линз, как горизонтально, так и радиально ориентированных. Отложения имеют поясковую криогенную текстуру. Криогенная слоистость наклонена примерно на 20° в направлении вниз по течению. Вероятно, поверхность, на которой формировался ЛК, также была наклонной. Ледяные жилы имеют ширину до 3-5 м, расстояние между ними около 12-13 м. С поверхности ЛК частично протаивал, что видно по мульдам (Рис. 3), в которых отложения сходного состава выполняют понижения над частично протаявшими ледяными жилами и характеризуются слоистостью выполняющего типа. Кроме того, имеются полости, заполненные термоэрозионно-пещерным льдом (Рис. 3), который возник в результате замерзания воды в термоэрозионных полостях.



Рис. 2. Обнажение И22-О2.

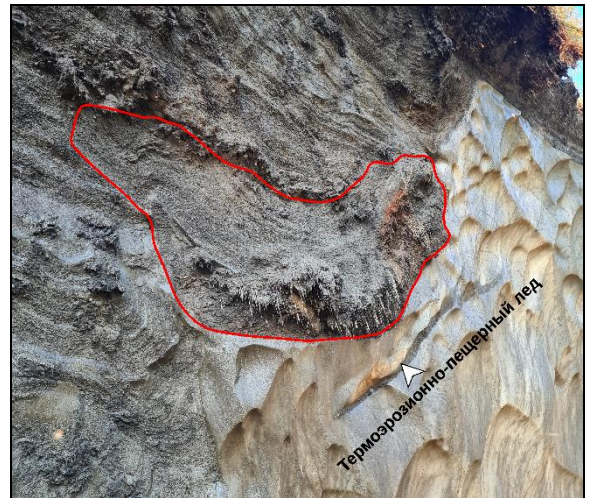


Рис. 3. Мутьда (обведена), выполняющая понижение над ПЖЛ, внутри него полость с термоэрозионно-пещерным льдом.

В точке И22-Ку в термоцирке на правом берегу Индигирки высотой 36 м, ниже бывш. пос. Крест-Майор, обнажается верхняя часть ЛК мощностью не более 1 м. Мощность покровного слоя составляет 1,2 м. Отложения ЛК во вскрытой части представлены суглинками буровато-серыми с поясковой криотекстурой. ЛК подстилается суглинками голубовато-серыми, кровля которых находится на уровне 14,5 м над уровнем реки, что позволяет оценить мощность ЛК около 20 м. В кровле суглинков присутствуют псевдоморфозы (Рис. 4) высотой до 5 м и шириной 1-2, редко до 3 м. Размер образуемой ими сетки составляет около 8-10 м. Псевдоморфозы заполнены оторфованными суглинками с корнями трав и обломками стволов березы белоствольной, покрытых вивианитом.

Самая северная изученная точка, И22-Т, находится в 45 км ниже по течению от пос. Белая Гора и расположена в пределах известного обнажения Малыхчын. Здесь ЛК

обнажается в береговом обнажении едомной возвышенности высотой около 60 м. В настоящее время обнажение сильно запылено, разрез обнажается только в нижней части до высоты около 14 м (Рис. 5) и в верхней, вблизи водораздельной поверхности. Сверху ЛК перекрыт покровным слоем мощностью 1,3 м. Отложения ЛК представлены супесями серовато-бурыми, с нитевидными корешками и буровато-рыжими включениями оторфованного материала размером не более 1 см. Криотекстура отложений массивная, местами микролинзовидная, длина линзочек составляет 1-3 мм, толщина не превышает 0,5 мм. В толще есть ледогрунтовые жилы, грунтовый заполнитель которых представлен отложениями ЛК. В верхней части возвышенности, на высоте 35-40 м над уровнем воды, ЛК слагают супеси темные серо-бурые, содержащие нитевидные корешки и сизые стяжения марганца в виде пятен размером 2-4 мм. Криогенная текстура поясковидная. Льдистость ЛК в верхней части обнажения выше, чем в нижней, что позволяет выделить два горизонта ЛК, характеризующиеся разными условиями промерзания: верхний едомный ЛК, сформировавшийся, предположительно, в МИС 3-2, и нижний малоледистый, предположительно, аллаиховский ЛК, сформировавшийся в МИС 6. Между ними залегает толща оторфованного суглинисто-супесчаного буро-серого материала, содержащего большое количество остатков травянистых растений и костей млекопитающих. Установить точную мощность горизонтов было невозможно из-за слабой обнаженности ЛК. Можно лишь заключить, что мощность едомного ЛК превышает 20 м, судя по высоте его обнажения над уровнем реки.

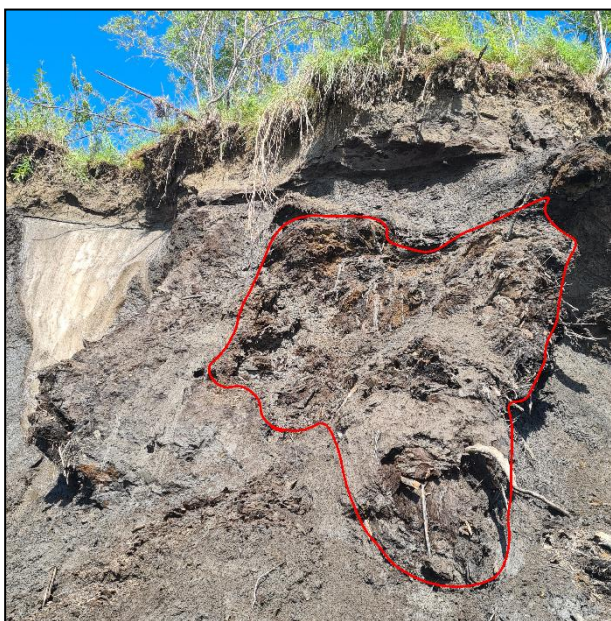


Рис. 4. Псевдоморфоза (обведена) в подстилающих ЛК суглинках.



Рис. 5. Нижний уровень обнажения Малыхчын (И22-Т).

Заключение. Таким образом, в результате проведенных работ можно сделать следующие выводы:

1. В долине р. Индигирки отложения ЛК распространены не только на территории Абынской и Яно-Индигирской низменностей, но и в пределах Момо-Селенняхской впадины.
2. Мощность едомного ЛК увеличивается по направлению вниз по течению р. Индигирки. Так, в точке И22-ТВ его мощность составляет лишь 5-6 м, в точке И22-Ку она увеличивается до 20 м, а в точке И22-Т она превышает 20 м.
3. По характеру криогенного строения в пределах района работ можно выделить два горизонта ЛК: предположительно едомный и аллаиховский. Судя по наличию

ледогрунтовых жил, аллаиховский ЛК формировался при более аридных климатических условиях, чем едомный.

4. Выделяются три вида подстилающих ЛК отложений: гравийно-галечниковая толща, которая, в свою очередь, залегают на коренных породах в точках И22-ТВ и И22-О2; оторфованные суглинки в точке И22-Ку и насыщенные органикой суглинки с подстилающим их малольдыстым ЛК.

Работа выполнена в рамках проекта РФФ №22-17-00176 (рук. В.Е. Тумской).

ЛИТЕРАТУРА

Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н., Швец Н.В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России [Электронный ресурс]. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394. URL: <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения: 20.11.2022а)

Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России [Электронный ресурс]. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения: 20.11.2022б)

Втюрин Б.И., Болиховская Н.С., Болиховский В.Ф., Гасанов Ш.Ш. Воронцовский разрез едомных отложений в низовьях р. Индигирки // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1984. №54. С. 12-21.

Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. Изд. 3-е, испр. и доп. Учебник для студентов геогр. фак. ун-тов. М.: «Мысль», 1978. 512 с.

Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний восток / Под ред. Э.Д. Ершова, М.: Недра, 1989, 515 с.

Геологическая карта СССР. Масштаб 1:10000000 (новая серия). Объяснительная записка. Лист Q-54, 55 — Хонуу. Л., 1986, 120 с. (Министерство геологии СССР, ВСЕГЕИ, ПГО «Аэрогеология»)

Каплина Т.Н., Шер А.В., Гутерман Р.Е., Зажигин В.С., Киселев С.В., Ложкин А.В., Никитин В.П. Опорный разрез плейстоценовых отложений на р. Аллаиха (низовья Индигирки) // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1980. №50. С. 73-95.

Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во МГУ, 1993, 336 с.

Strauss J, Laboor S, Schirrmeister L, Fedorov AN, Fortier D, Froese D, Fuchs M, Günther F, Grigoriev M, Harden J, Hugelius G, Jongejans LL, Kanevskiy M, Kholodov A, Kunitsky V, Kraev G, Lozhkin A, Rivkina E, Shur Y, Siegert C, Spektor V, Streletskaya I, Ulrich M, Vartanyan S, Veremeeva A, Anthony KW, Wetterich S, Zimov N and Grosse G Circum-Arctic Map of the Yedoma Permafrost Domain // *Frontiers in Earth Science*. 2021. Vol. 9. 758360. doi: 10.3389/feart.2021.758360

STRUCTURE AND OCCURRENCE CONDITIONS OF ICE COMPLEX IN VALLEY OF THE MIDDLE INDIGIRKA

¹Platonov I.A., ²Tumskoy V.E., ¹Tarasov A.I., ²Torgovkin N.V., ²Romanis T.V.

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

Distribution, structure and occurrence conditions of Ice Complex in the Indigirka valley are almost unknown. The paper presents the results of field Ice Complex outcrops study in the middle Indigirka valley. It is clarified the location of south extreme Ice Complex distribution point. The two Ice Complex horizons with different cryogenic structure are identified: Yedoma Ice Complex and probably Allaikha Ice Complex with less ice content and massive cryostructure.

Keywords: *Ice Complex, Indigirka, ice wedge, cryogenic structure, cave ice, thermocar*