

УДК: 551.34 (-925.11)

И.И. ШАМАНОВА

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКИХ УВАЛОВ

Сибирские Увалы являются наименее изученным районом Западной Сибири. Сведений о геокриологических условиях этой территории в литературе нет, поэтому результаты их изучения, проведенного нами в центральной части Сибирских Увалов летом 1972 г., приобретают определенный интерес.

Сибирские Увалы образуют водораздел рек Обского и Надым-Пуровского бассейнов. Орографически они выражены нечетко, резкие геоморфологические границы отсутствуют. Абсолютные высоты в центре составляют 140-160 м, возрастая на западе и востоке до 230 м. Относительные высоты не превышают, как правило, первые десятки метров. Поверхность центральной части Сибирских Увалов плоская, местами пологоувалистая, сильно заболочена и заозерена, со слабо врезанной речной сетью. Характерны холмы и гряды различного простирания с относительной высотой до 10-20 м широко распространены торфяники (рис. 1).

Климат района континентальный, средняя годовая температура воздуха отрицательна; в Нумто она составляет $-5,2^{\circ}$, в Кочевых $-4,4^{\circ}$. Годовое количество атмосферных осадков 450-600 мм; большая их часть выпадает в безморозный период года. Высота снежного покрова на открытых участках составляет в среднем 0,5-0,65 м, в тайге - 1,5 м.

Исследованный район находится в зоне северной тайги. На вершинах и склонах гряд преобладают смешанные березово-елово-кедровые леса; напочвенный покров преимущественно мохово-лишайниковый. Поймы рек и ручьев заняты березово-еловыми лесами с мощным зеленомошно-сфагновым наземным покровом. На торфяниках, для которых характерен тундровый тип растительности, преобладают полярная березка и багульник; повсеместно развит мохово-лишайниковый напочвенный покров.

В строении верхней части геологического разреза принимают участие следующие основные геолого-генетические комплексы: 1) среднеплейстоценовые флювиогляциальные отложения, представленные песками, преимущественно средне- и мелкозернистыми; 2) средне-верхнеплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения, представленные песками, супесями, суглинками, содержащими обильные растительные остатки; 3) верхнеплейстоценовые и голоценовые аллювиальные отложения надпойменных террас и пойм, представленные песками и супесчано-суглинистыми осадками; 4) голоценовые элювиально-делювиальные отложения - супеси и суглинки; 5) голоценовые озерно-болотные и болотные отложения, представленные суглинками, супесями, песками, сверху повсеместно перекрытые торфом.

В соответствии с геокриологическим районированием Западной Сибири [Баулин и др., 1967], Сибирские Увалы находятся в центральной геокриологической зоне, в подзоне эпигенетических мерзлых торфяников с характерным для последней островным распространением многолетнемерзлых пород (ММП), которые, как правило приурочены к

торфяникам (иногда - к участкам влажных замшелых лесов). Эти основные, зонально обусловленные закономерности распространения ММП свойственны и изученному району. Однако, как показали исследования, в пределах Сибирских Увалов ММП занимают несколько большие площади, чем на сопредельной территории зоны; это связано с широким развитием торфяников, а также со значительным распространением ММП на залесенных, резко выраженных вершинах гряд. Талики здесь встречаются реже. Такова региональная особенность распространения ММП в центральной части Сибирских Увалов, обусловленная спецификой рельефа.



Рис. 1. Типичный ландшафт центральной части Сибирских Увалов. На переднем плане — торфяник с термокарстовыми понижениями, на заднем плане — гряда, поросшая лесом

Для ММП исследованной территории характерна большая динамичность. Район находится близ южной границы области многолетнемерзлых пород, средняя годовая температура талых и мерзлых грунтов близка к 0° . Это обуславливает возможность взаимоперехода сезонного промерзания и сезонного протаивания, определяющего образование перелетков или разобщение сезонно- и многолетнемерзлых пород. Вследствие этого даже незначительные нарушения сложившихся естественных условий теплообмена между атмосферой и литосферой в сторону повышения или понижения средней годовой температуры грунтов приводит к протаиванию ММП или к их новообразованию.

Геокриологическая характеристика различных ландшафтных комплексов приведена в таблице. Как уже отмечалось, основная закономерность распространения ММП - определенная приуроченность их к торфяникам, занимающим большую часть исследованной территории (рис. 2). Строение и мощность ММП в пределах торфяников, сильно расчлененных термокарстом и эрозией, существенно дифференцированы. В центральных частях крупных массивов торфяников зафиксированы максимальные для района мощности ММП - около 40 м (по данным вертикального электрического зондирования) и наиболее низкая средняя годовая температура пород до $-1,2^{\circ}$. На периферии торфяников мощность ММП, установленная бурением и ВЭЗ, уменьшается до 10-20 м, а температура повышается до $-0,2^{\circ}$. Локально развитые сквозные и несквозные талики на торфяниках приурочены к термокарстовым и эрозионно-термокарстовым понижениям и озерам. В пределах древних обширных термокарстовых депрессий происходит новообразование ММП, мощность которых достигает 15-20 м, а средняя годовая температура $-0,8^{\circ}$.

Геокриологическая характеристика различных ландшафтных комплексов

Ландшафтный комплекс	Возраст и генезис отложений	Литологический состав		Распространение многолетнемерзлых пород	Мощность мерзлых пород, м	Глубина сезонного промерзания и протаивания грунтов, м	Криогенная текстура	Средняя годовая температура пород, °С
		слоев сезонного промерзания и протаивания	подстилающих пород					
Плоские вершины и склоны гряд с березово-кедровыми и словыми зеленомошными и кустарничково-лишайниковыми лесами Резко выраженные вершины гряд с крутыми склонами, березово-кедрово-словый зеленомошный кустарничковый лес Торфяники на озерно-аллювиальной равнине, преимущественно плоские, реже — крупнобугристые, с кустарничковыми, мохово-лишайниковыми сообществами	e/d Q_3-Q_4 $f/q/Q_2$	Суглинки, суглинки, пески	Пески	Отсутствуют	—	1,0—2,5		0,5—0,6
	»	До глубины 0,2—0,3 м — торф, далее суглинки, супеси, пески	Пески	Линзы многолетнемерзлых пород	до 15—20	0,6—0,9	В суглинках — микрослоистая, в песках — массивная	0—0,2
	hQ_4 $l-al$ Q_2-Q_3	Торф	До глубины 1—4 м — торф, далее до глубины 5—10 м — суглинки, подстилаемые песками	Сплошное	20—40	0,45—0,6	В торфе порфировидная, микрослоистая; в суглинках — тонкослоистая; в песке — массивная	—1—1,2
Повышенные участки на озерно-аллювиальной равнине, располагающиеся обычно между грядами и торфяниками, занятые замшелым бугристым сосновым редколесьем. На кочках — кустарнич. мохово-лишайн. сообщества, в мочажинах — осоково-моховые сообщества	hQ_4 $l-al$ Q_2-Q_3	Торф	До глуб. 0,8—1,5 м — торф, далее суглинки, супеси, пески	Маломощные линзы многолетнемерзлых пород под крупными кочками	0,4—2,0	0,4—0,5	В торфе — базальная, в суглинках — микрослоистая — сетчатая, в песке — массивная	Около 0
	»	Торф	До глуб 1—3,5 м — торф, далее суглинки, подстилаемые песками	В современных термокарстовых понижениях либо отсутствуют, либо кровля их опускается на глубину 3—5 м и более; в древних — линзы новообразованных многолетнемерзлых пород	В древних термокарст. понижен. до 15—20	СМС — 0,4—0,7 СТС — 0,4—0,8	В торфе — базальная, микро- и тонкослоистая, в суглинках — микрослоистая и толсто-слоистая, в песке — массивная	В современных термокарстовых понижениях около 0, в древних — 0,8

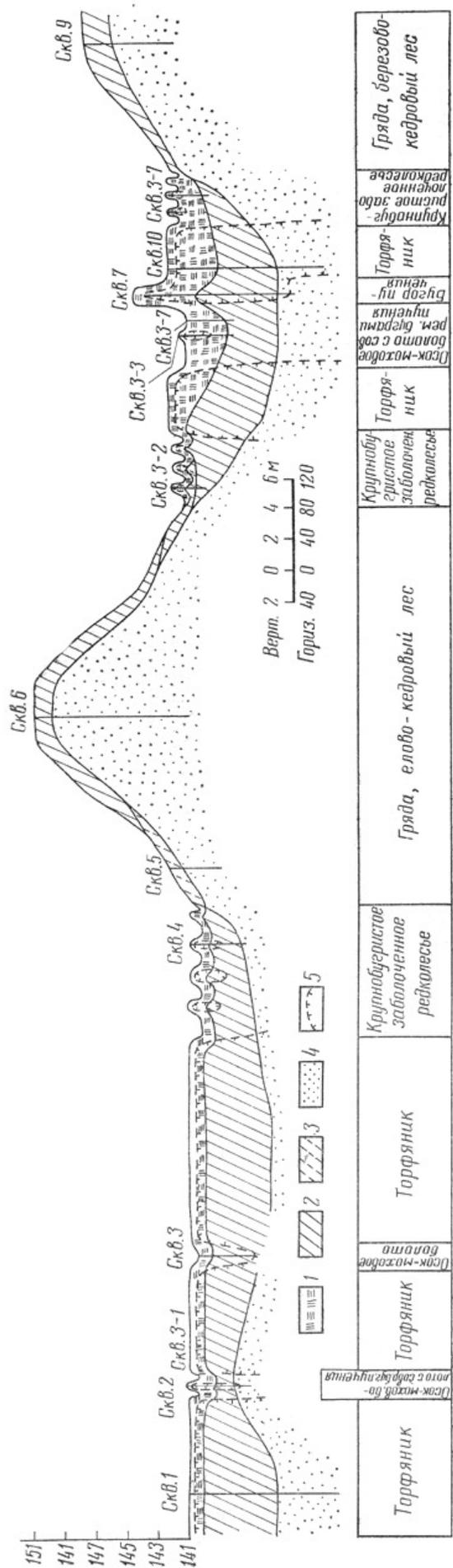


Рис. 2. Геоэкологический профиль участка озерно-аллювиальной равнины

На отдельных, резко выраженных в рельефе вершинах гряд, поросших густым лесом с мощным моховым покровом и торфяным горизонтом, распространены ММП мощностью до 15-20 м. Среднегодовая температура их от $-0,1$ до $-0,2^{\circ}$.

В пределах слабозалесенных замшелых участков с бугристым микрорельефом, располагающихся обычно широкими полосами между торфяниками и грядами, встречаются маломощные линзы ММП, приуроченные к наиболее крупным кочкам. Образование их связано с современным многолетним промерзанием грунтов. Мощность линз ММП составляет в среднем 0,4-2,0 м, распространяются они до глубины, не превышающей обычно 1,5-2,5 м.

Реликтовый слой ММП на исследованной территории залегает на глубинах от 100-150 до 200-300 м.

Мощность сезонноталого (СТС) и сезонномерзлого (СМС) слоев определяется главным образом составом отложений, мощностью мохово-лишайникового покрова и торфяного горизонта, положением участка в рельефе, влияющим на режим накопления и высоту снежного покрова и условия дренажа. Минимальная для района глубина сезонного протаивания грунтов - 0,4-0,5 м - зафиксирована на слабозалесенных замшелых участках с бугристым микрорельефом. Это связано с наличием мощного мохового покрова, преимущественно сфагнума (до 0,4 м) и высокой льдистостью сезонноталого торфа. Максимальная мощность СТС - до 0,9 м - характерна для вершин гряд, где он сложен в основном малольдистыми песками. На торфяниках глубина сезонного протаивания составляет 0,45-0,6 м. Глубина сезонного промерзания грунтов изменяется в более широких пределах - от 1,5-2,5 м на вершинах и склонах гряд до 0,4-0,7 м в заболоченных понижениях. Сезонное протаивание грунтов

начинается в мае и заканчивается в сентябре, сезонное промерзание длится с октября по апрель.

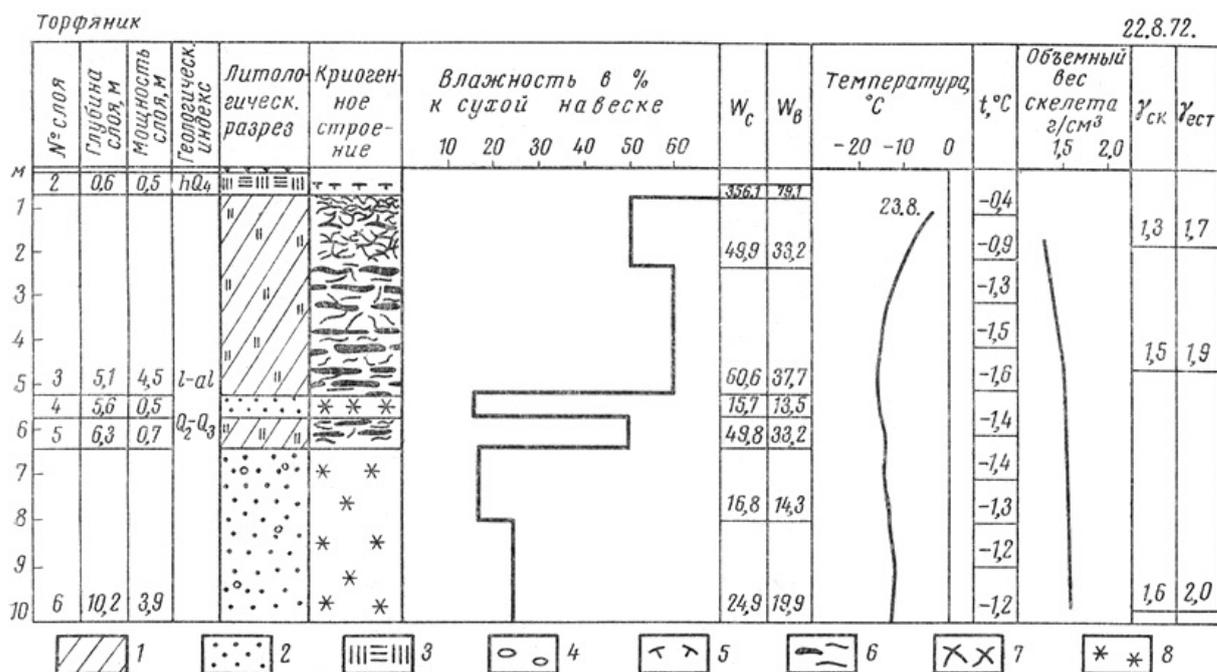


Рис. 3. Геокриологический разрез торфяника

1 — суглинок; 2 — песок; 3 — торф; 4 — гравелисто-галечные включения; 5 — верхняя поверхность многолетнемерзлых пород; 6 — слоистая криотекстура; 7 — сетчатая криотекстура; 8 — массивная криотекстура

Состав и криогенное строение ММП центральной части Сибирских Увалов весьма разнообразны. Одним из наиболее распространенных типов отложений являются эпигенетически промерзшие озерно-аллювиальные суглинки. Они слагают обычно верхние горизонты ММП в пределах озерно-аллювиальной равнины, с поверхности перекрыты слоем торфа мощностью 1-4 м, на глубине 5-10 м подстилаются песками. Чередование пачек песков и суглинков, количество и характер распределения ледяных включений в которых резко различно, обуславливают сложное криогенное строение мерзлых грунтов на этих участках (рис. 3). Наиболее характерными криогенными текстурами суглинков являются микро- и тонкослоистые; включения льда представлены преимущественно горизонтальными шширами толщиной от 0,5 до 4-10 мм, интервал между ними не выдержан, в среднем составляет 1-20 мм. На отдельных горизонтах наиболее мощных пачек суглинков наблюдается толстослоистая криотекстура: горизонтальные и слабонаклонные шширы льда толщиной в среднем 10-30 мм, с интервалом 20-80 мм (рис. 4). Грунт, заключенный между крупными шширами льда, содержит редкие вертикальные и горизонтальные шширы толщиной до 1 мм. Средняя суммарная влажность озерно-аллювиальных суглинков составляет 40-70%, влажность минеральных прослоек около 30%. В нижних горизонтах пачек озерно-аллювиальных суглинков, близ контактов с подстилающими их песками, льдистость грунтов уменьшается, суммарная влажность их не превышает, как правило, 40%. Эти горизонты имеют микрослоистую криотекстуру, включения льда представлены горизонтальными шширами толщиной до 1-2 мм, с интервалом от 1 до 8 см. С глубиной наблюдается разреживание ледяных шширов. Озерно-аллювиальные пески характеризуются массивной криотекстурой. Лишь к горизонтам оторфованных или илистых песков приурочены единичные разноориентированные прерывистые шширы и гнезда льда размером от долей мм до 1 мм. Средняя суммарная влажность грунтов составляет 17-25%.

Флювиогляциальные пески также имеют массивную криогенную текстуру, но в отличие от озерно-аллювиальных песков практически не содержат видимых включений льда. Суммарная влажность мерзлых флювиогляциальных песков составляет в среднем 15-20%, отдельные «иссушенные» горизонты, где грунт не сцементирован льдом и рассыпается, имеют влажность 10-14%.

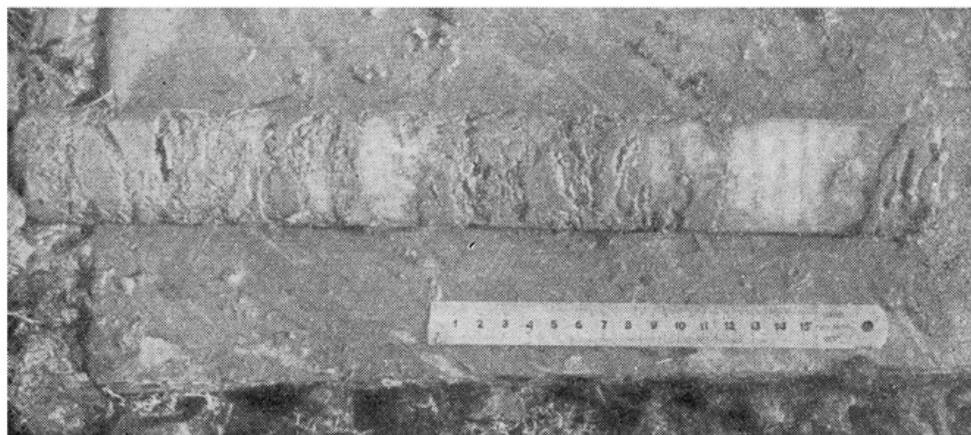


Рис. 4. Толстослойная криогенная текстура озерно-аллювиальных суглинков

Торф в пределах исследованной территории практически повсеместно слагает верхние горизонты ММП. Льдонасыщенность торфа очень велика, суммарная влажность его превышает, как правило, 100%. Включения льда представлены разноориентированными шпиром толщиной в среднем 0,5-1,0 мм, реже до 20-40 мм, с интервалом от 0,1 до 10 см и более и гнездами размером 1-10 мм. Характерны горизонты ледогрунта (лед с «плавающими» в нем включениями торфа) мощностью 0,1-0,3 м, приуроченные, как правило, к верхней части разреза.

История развития ММП в исследованном районе и современные условия их существования обусловили менее значительное развитие криогенных и посткриогенных образований, чем в более северных районах. Повторно-жильные льды в данном районе не обнаружены, солифлюкционные формы рельефа развиты крайне слабо. Относительно широкое распространение имеют лишь многолетние бугры пучения и термокарстовые формы.

Возникновение многолетних бугров пучения, как и во всей зоне, связано с промерзанием поверхностных отложений незамкнутых таликов при подтоке воды из водоносных горизонтов, реже - с промерзанием замкнутых таликов. Реликтовые бугры имеют куполовидную форму, характеризуются четкой морфологической выраженностью (рис. 5), высота их обычно не превышает 2-4 м, диаметр основания измеряется первыми десятками метров. Приурочены реликтовые бугры, как правило, к торфяникам, к периферическим частям заболоченных термокарстовых понижений, долинам ручьев.

Многолетние бугры пучения сверху сложены торфом мощностью до 4 м, ниже - льдонасыщенными суглинками и супесями. Ледогрунтовой ядро залегает на глубинах 3-6 м, визуальная объемная льдистость составляет 80-90%, характерны 5-20-сантиметровые прослойки льда, разделяемые слоями суглинка толщиной 1-4 см. Следует отметить высокую льдонасыщенность подстилающего ледогрунтового ядра суглинков вплоть до их контакта с песками.

Современные бугры пучения по строению и морфологическим признакам отличаются от реликтовых. Размеры их меньше - не более 10-20 м в поперечнике при высоте 0,5-1,2 м, поверхность лишена какой-либо растительности, кроме мохового покрова (сфагнума). С поверхности они сложены торфом, мощность которого (1,0-2,0 м)

существенно меньше, чем на многолетних буграх. Подстиляется торф суглинками, льдонасыщенность которых также значительно ниже (по сравнению с реликтовыми буграми). Ясно выраженного льдогрунтового ядра современные бугры не имеют, и включения льда распределены относительно равномерно в пачке суглинков; визуальная объемная льдистость - 40-60%.



Рис. 5. Многолетний бугор пучения

Согласно районированию Западной Сибири по развитию термокарстовых форм рельефа [Уваркин и др., 1972], Сибирские Увалы расположены в зоне современных и реликтовых термокарстовых образований в торфяниках и минеральных грунтах. Как известно, развитие термокарстовых форм рельефа в основном определяется типом вытаявающих подземных льдов, суммарным их объемом и условиями залегания в верхних горизонтах ММП. В отличие от более северных районов в центральной части Сибирских Увалов повторно-жильные льды практически отсутствуют, а инъекционные льды встречаются редко. Вследствие этого термокарстовые образования района, связанные в основном лишь с вытаиванием сегрегационных льдов, в генетическом и морфологическом отношении весьма однообразны. Однако распространены они довольно широко, так как теплофизические предпосылки развития термокарста в целом для зоны благоприятны (значительный уровень инсоляции, высокие среднегодовые температуры грунтов, высокий снежный покров). Основная часть термокарстовых форм рельефа приурочена к торфяникам (рис. 1), поскольку и торф, и подстилающие его тонкодисперсные озерно-аллювиальные отложения содержат значительное количество сегрегационных подземных льдов. Большую часть термокарстовых образований на торфяниках составляют реликтовые формы - крупные озерные котловины с характерными для них сквозными таликами и обширные заболоченные депрессии, в которых происходит современное многолетнее промерзание грунтов. Современные термокарстовые формы имеют вид небольших (диаметром от 3 до 50-70 м) заболоченных понижений или озер, где происходит прогрессирующее современное многолетнее протаивание грунтов. Мощность таликов - 3-5 м и более. В лесах, на участках распространения ММП, термокарст не развит, потенциальные возможности его проявления отсутствуют из-за незначительного содержания льда в песках, слагающих эти участки.

Таковы основные особенности ММП в центральной части Сибирских Увалов, формирование и динамику которых следует рассматривать в связи с колебаниями климата и историей геологического развития территории.

ММП исследованного района разновозрастны. Нижний реликтовый слой мерзлых пород сформировался в плейстоцене. Большая его мощность (в прошлом до 300 м и более)

свидетельствует о длительном периоде промерзания. Видимо, Сибирские Увалы находились за пределами Ямальской трансгрессии, и многолетнее промерзание грунтов началось уже в среднем плейстоцене. Во время среднеголоценового климатического оптимума ММП повсеместно протаяли до глубины 150-250 м.

Крупные термокарстовые озера, возникшие в это время на озерно-аллювиальной равнине, свидетельствуют о большой льдонасыщенности верхних горизонтов ММП, сформировавшихся здесь в начале верхнего плейстоцена. По-видимому, эти горизонты содержали значительное количество повторно-жильных льдов, поскольку вытаивание лишь сегрегационных льдов, содержащихся в малолдыстых песках, имеющих преобладающее распространение в районе, не могло привести к столь значительным по площади и глубине тепловым просадкам грунтов.

Похолодание после климатического оптимума вызвало промерзание озерно-аллювиальной равнины и формирование в позднем голоцене верхнего слоя ММП. Условия промерзания были менее суровыми, чем в верхнем плейстоцене, так как процессы морозобойного растрескивания грунтов и образования повторно-жильных льдов проявлялись весьма ограниченно: современные и реликтовые формы рельефа, связанные с вытаиванием повторно-жильных льдов, для района не характерны.

В настоящее время в связи с короткопериодным похолоданием климата развивается процесс современного многолетнего промерзания пород, обусловивший новообразование ММП в пределах обширных термокарстовых депрессий и в замшелых бугристых редколесьях. Острова ММП на отдельных вершинах гряд также являются, видимо, современными образованиями.

Производственный и научно-исследовательский
институт по инженерным изысканиям
в строительстве Госстроя СССР

ЛИТЕРАТУРА

Баулин В.В., Белопухова Е.Б., Дубиков Г.И., Шмелев Л.М. Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности. М., «Наука», 1967.

Уваркин Ю.Т., Корейша М.М., Шаманова И.И. Естественные тепловые просадки многолетнемерзлых грунтов (термокарст) на севере Западной Сибири и их инженерно-геологическое значение. Тр. ПНИИИС, т. XVIII, М., 1972.

Ссылка на статью:



Шаманова И.И. Геокриологические условия центральной части Сибирских увалов // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1975. № 4. С. 109-116.