

С. П. КАЧУРИН

ОТСТУПАНИЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

(Представлено академиком В. А. Обручевым 25 III 1938)

Со времени знаменитого «путешествия на север и восток Сибири» акад. Миддендорфа прошло 94 года. Тогда им впервые были получены вполне достоверные данные о характере и широком распространении в Сибири вечной мерзлоты, наличие которой вызывало сомнение у многих даже передовых людей того времени.

Одним из первых пунктов, где акад. Миддендорф произвел геотермические замеры на сравнительно большую глубину (до 41 фута), были окрестности Старо-Туруханска. Он считал, что Туруханск находится на южной границе области вечной мерзлоты. С того времени новых данных о вечной мерзлоте по району среднего течения р. Енисея не было. Вследствие этого на всех существующих картах распространения вечной мерзлоты на территории СССР до настоящего времени ее южная граница имела изгиб у Туруханска к северу, а затем резко поворачивала к югу, проходя почти по прямой меридиональной линии вдоль правого берега р. Енисея, опускаясь значительно южнее г. Красноярска. Все попытки объяснить этот выступ в границе вечной мерзлоты за отсутствием фактических данных строились на одних предположениях.

Полная неясность в отношении вечной мерзлоты и необходимость уточнения ее южной границы в пределах бассейна р. Енисея явились причиной организации в 1937 г. Комитетом по вечной мерзлоте Академии Наук СССР Мерзлотной экспедиции для исследования вечной мерзлоты в районе среднего течения р. Енисея и в особенности его левобережья. Кроме того было весьма интересно произвести повторные наблюдения в местах работ акад. Миддендорфа и проследить за тем, что произошло с вечной мерзлотой в районе Туруханска в термическом отношении почти за столетний срок со времени наблюдений Миддендорфа (1843 г.). Большая давность первых точных наблюдений в Старо-Туруханске стимулировала необходимость новых наблюдений в тех же местах. Повторность наблюдений в одном и том же пункте после большого промежутка времени была особо интересна в связи с вопросом о деградации вечной мерзлоты, теоретически доказанной М. И. Сумгиным для южных пределов вечной мерзлоты по наблюдениям Мерзлотной станции в Сквородине. Положительный (или отрицательный) ответ на вопрос о деградации вечной мерзлоты имеет, как известно, громадное не только теоретическое, но и практическое значение—от наличия того или иного процесса зависит, принять ли принцип сохранения или уничтожения мерзлоты при возведении гражданских и промышленных сооружений в зоне вечной мерзлоты и др.

Не останавливаясь подробно в настоящей краткой статье на всех результатах работ Енисейской мерзлотной экспедиции, отметим лишь, что на основании полученных новых данных границу вечной мерзлоты следует проводить на 250—300 км южнее Туруханска, оставляя вблизи Енисея лишь талики среди вечной мерзлоты. В районе озер Дашкино и Налимье (названных на картах: оз. Капыдак и оз. Пакульское), на Енисейско-Тазовском водоразделе были встречены формы рельефа, являющиеся реликтами ледниковой эпохи; все они были в августе скованы вечной мерзлотой с незначительной глубины (0.5—1.5 м) от поверхности, полную мощность которой определить имевшимся инструментом не представилось возможным; наблюдения, произведенные на глубину 10—11 м, свидетельствуют о нарастании отрицательных температур с глубиной, а следовательно и о значительной мощности вечной мерзлоты в районе указанного водораздела. С приближением от водораздела к Енисею верхняя поверхность мерзлоты в общем постепенно понижается, лишь в отдельных точках она нам встречалась вблизи поверхности рельефа (фактория Сургутиха); в непосредственной же близости от р. Енисея нередко мерзлота нами не была обнаружена, что заставляет относить такие участки к таликам или псевдоталикам среди массива вечной мерзлоты.

Более подробно мы остановимся на результатах бурения и термических наблюдений в районе Старо-Туруханска, на основании которых излагаются соображения, составляющие предмет настоящей статьи.

Положение буровых скважин Миддендорфом было нанесено на схематическом плане, по которому определить точно их местоположение по истечении почти целого века не было возможно. К тому же в значительной степени за это время изменилась ситуация местности (вырублен старый и вырос новый лес и т. п.), и никаких знаков оставлено Миддендорфом не было. Тем не менее, пользуясь его описанием и имевшимся схематическим планом, новые буровые скважины нами были заложены в точках, как можно считать, весьма близко расположенных от скважин Миддендорфа. По аналогии с данными Миддендорфа нами было заложено также три буровых скважины и все они были сделаны глубже соответствующих скважин Миддендорфа.

При бурении нами было установлено, что на участке всех трех скважин геологическое строение и литологический состав пород более или менее одинаковые, лишь с малыми вариациями для каждого пункта.

Во всех трех скважинах сверху под растительным слоем залегает суглинок, переходящий в суглино-супесь, общей мощностью 3.5—4.0 м, далее идет супесок, переслаивающийся с глинистыми и тонкопесчанистыми пропластками, до глубины 6—10 м, ниже — иловатая глина, перемежающаяся с плотными супесками, до глубины 12—13 м, а затем — средний и крупный песок, прослеженный нами до 16 м. Эти слои характеризуют их аллювиальное происхождение.

Распределение влажности в грунтах по нашим наблюдениям находилось в полной зависимости как от рельефа местности, который благодаря более повышенному положению участка по сравнению с окружающими пониженными и наличию ложбин стока способствовал хорошему стоку выпадающих осадков, так и в большей степени от стратиграфии рыхлых отложений. В верхней части разрезов достаточно мощный пласт суглинка, являясь водоупорным слоем, затруднял проникание вадозных вод глубоко вниз, в толщу песков и супесей, поэтому общая влажность грунтов являлась весьма невысокой (график на фигуре). Напротив, в большинстве случаев слои песков и супесей были часто настолько сухи, что нашим инструментом с большим трудом извлекались из скважин, так как от малейшего сотрясения инструмента они легко стряхивались с него, и кроме того часто

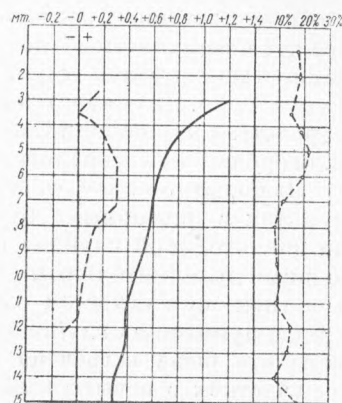
происходило обрушение стенок скважин, что весьма затрудняло проходку и говорило о большой сухости породы.

В двух скважинах (1-й и 2-й) на глубинах около 7 и 16 м появлялась грунтовая вода, третья же скважина на всю глубину (11 м) оставалась совершенно сухой и даже с глубиной становилась все суше и суше.

Результаты замеров температуры грунтов по нашим наблюдениям показали во всех трех скважинах более повышенные температуры в сравнении с соответствующими глубинами и скважинами по замерам Миддендорфа. Графики температур, представленные на фигуре, дают наглядное представление о температурах грунтов по замерам акад. Миддендорфа в 1843 г. и нашим в 1937 г. Замеры температур, сделанные Миддендорфом по термометру Реомюра, перечислены на градусы Цельсия. Как видно из графиков, кривая температур, полученная в 1937 г., на протяжении почти всей глубинной ее части отстоит на $0.3-0.4^{\circ}$ в сторону положительных температур, что свидетельствует об общем более теплом состоянии грунта, чем он был в 1843 г. Кроме того в скважине 2-й Миддендорфа, на глубине 12.5 м (41 фут), им была обнаружена вечная мерзлота с температурой в минус 0.1° , тогда как все три наши скважины проходили в грунтах с положительными температурами и, на глубине даже 15 м (в скважине 2-й) термометры отметили температуру в $+0.3^{\circ}$. Это свидетельствует о понижении верхней границы мерзлоты, так как нет оснований сомневаться в безупречности замеров температур, сделанных как прежде, так и теперь. Исходя из того, что на 15 м нами получена температура грунта $+0.3^{\circ}$, и учитывая соответственный тому геотермический градиент, можно исчислить для данного участка современную границу верхней поверхности вечной мерзлоты, если она еще сохранилась, на глубине не менее 20—23 м, т. е. на 10—12 м ниже, чем она была отмечена в 1843 г. Миддендорфом.

Хотя время наблюдений Миддендорфа (март—апрель) и время наших наблюдений (сентябрь) по отношению года разнилось почти на 6 месяцев, причем наблюдения Миддендорфа можно, с некоторой погрешностью, приурочивать к концу зимнего сезона, а время наших наблюдений—к концу летнего сезона, тем не менее наши выводы остаются в силе и даже, напротив, более убедительны. Как известно из наблюдений, в области вечной мерзлоты амплитуда колебаний температуры грунтов с глубиной затухает. В зависимости от разных местных условий глубина затухания амплитуды колебаний температуры грунтов в различных районах различная, так например, в Бомнаке, в верховьях р. Зеи, затухание начинается с 5 м, в Сковородине, на б. Амур. ж. д.,—с 10—12 м, в Анадыре, на Чукотке—с 14—15 м и т. п. Для Старо-Туруханска по аналогии можно предполагать (за отсутствием длительных наблюдений) затухание с глубины не более 10—13 м.

Принимая во внимание запаздывание проникновения температур от поверхности вглубь земли, для глубины 10 м порядка 4—5—6 месяцев, можно считать, что отмеченные нами температуры на глубинах 10—13 м, а тем более—на 15 м, характеризуют тепловую волну начала летнего периода, и можно еще было ждать большего потепления грунтов на этих



Кривые геотермические и влажности грунтов Старо-Туруханска.

--- температура 1843 г.—акад. Миддендорф.
 — температура 1937 г.—С. П. Качурин.
 - - - естественная влажность.

глубинах, тогда как температуры, отмеченные Миддендорфом, характеризуют скорее начало зимнего периода, и можно ждать в следующие месяцы большего охлаждения грунтов, т. е. при сопоставлении температур грунтов Миддендорфа и наших, приведенных к одному сезону, может получиться еще большее отклонение графика полученных нами температур в сторону большей разницы. Во всяком случае на глубинах 8—12—15 м амплитуда колебания зимних и летних температур для данного участка едва ли будет больше $0.1—0.2^{\circ}$, тогда как полученная разница составляет $0.3—0.4^{\circ}$. Иначе говоря, учтя полученные данные и приведенные соображения, мы имеем в 1937 г. несомненное повышение температур грунтов на одинаковых глубинах по сравнению с 1843 г. или понижение верхней границы вечной мерзлоты. Таким образом на основании наблюдений Миддендорфа и наших повторных исследований можно констатировать, что за срок около ста лет поверхность вечной мерзлоты значительно понизилась, что с несомненностью свидетельствует о сокращении вечной мерзлоты в районе Старо-Туруханска. Это является новым подтверждением факта деградации вечной мерзлоты и в Западной Сибири, доказанной М. И. Сумгиным на материалах Сквородинской мерзлотной станции для Дальнего Востока.

Любопытно отметить еще один факт. Несмотря на то, что во всех трех пунктах с повторными буровыми скважинами вечная мерзлота залегает на значительной глубине (нами она не была достигнута), в то же время нашими дополнительными буровыми скважинами и зондировками в других участках окрестностей Старо-Туруханска мерзлота была обнаружена в ряде пунктов на глубинах всего 1.2—1.5 м. При этом в отдельных местах мерзлота была встречена на уступах террас южной экспозиции, т. е. на участках с невыгодным положением по отношению к солнечной инсоляции и дренированию влаги (у школы). В таких местах буровые скважины глубиной в 6—7 м не проходили слоя мерзлоты. Эта аномалия в распределении поверхности мерзлоты в Старо-Туруханске не была отмечена Миддендорфом. По нашим же наблюдениям в других участках Туруханского района (фактория Фарково в 120 км от Старо-Туруханска) такое «аномальное» распределение верхней поверхности вечной мерзлоты является вполне закономерным и часто встречающимся. Нами во многих местах констатировано наличие мерзлоты близко от дневной поверхности, в то же самое время как в ближайших же местах (20—30 м) поверхность мерзлоты отмечалась лишь на достаточно большой глубине (10—12 м). Этот факт характерен для зоны близ южных пределов области вечной мерзлоты как Азиатской, так и Европейской части Союза и во многом зависит от местных условий каждого отдельного участка.

Весьма неожиданное явление было обнаружено в процессе производства буровых работ в Старо-Туруханске—в с а с ы в а н и е а т м о с ф е р н о г о в о з д у х а в скважину, которое наблюдалось нами в течение двух дней в скважине 3-й, с глубины около 10 м от поверхности. Всасывание было настолько интенсивным, что скважина издавала шум, слышимый с расстояния 25—30 м. Анализ этого явления привел нас к выводу, что мы встретили изолированный замкнутый слой (песок) с разреженной в нем атмосферой. Явных следов карста на участке обнаружено не было. Это скорее могло образоваться в результате таяния льда, ледяных пропластков и ледяного цемента в толще пород, изолированных снизу вечной мерзлотой, а сверху плотным непроницаемым слоем (глиной) и без доступа воздуха со стороны. Вследствие таяния льда увеличился объем пустот, а благодаря изолированности этого слоя создавался вакуум. Столь оригинальное явление заставило законсервировать буровую скважину и принять меры к изоляции от атмосферного воздуха этого слоя вновь после окончания бурения. Этот факт, при нашем его объяснении, еще раз

свидетельствует о деградации и отступании вечной мерзлоты в районе Старо-Туруханска и повидимому—об отступании, достаточно интенсивном в геологическом понимании.

Заканчивая свои краткие сообщения, считаем нужным напомнить, что на факт отступания вечной мерзлоты, помимо теоретических выводов М. И. Сумгина, имеются указания и ряда других исследователей для разных точек Союза. Так например, экспедицией Комиссии по изучению вечной мерзлоты в 1933 г. в окрестностях г. Мезени не была обнаружена мерзлота, тогда как она была зафиксирована там Шренком в первой половине прошлого столетия. В следующем 1934 г. то же самое было отмечено для Печорского края, в районе Усть-Усы. В последующем 1935 г. автором настоящей статьи признаки деградации вечной мерзлоты были наблюдаемы в Анадырском районе Чукотского края. В 1936 г. о том же писал М. И. Сумгин для Кольского полуострова. В 1937 г., как изложено в данной статье, мы наблюдали это в Туруханске. Имеются данные о том же и других исследователей. Таким образом каждый новый год приносит все новые подтверждения отступания вечной мерзлоты, совершающиеся в природных условиях.

Поступило
20 III 1938.