

В. В. БЕРДНИКОВ

**АСИММЕТРИЯ ПСЕВДОМОРФОЗ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ЖИЛ
И ЕЕ ПРИЧИНЫ**

В Угличском районе Ярославской области нами проводилось изучение комплекса форм микрорельефа, происхождение которого на Русской равнине связывается с существованием в верхнем плейстоцене вечной мерзлоты (Величко, 1965). Специфичность мерзлотных реликтов состоит в том, что они обладают как геоморфологическими чертами (выраженность в рельефе), так и геологическими «корнями», т. е. выраженностью в разрезе. Для большой группы форм микрорельефа, существование которых связано с первоначальным морозобойным растрескиванием грунтов, такими «корнями» являются земляные жилы, клинья или псевдоморфозы. При полевых исследованиях нами был изучен ряд геологических разрезов с серией мерзлотных структур.

Анализ полученных материалов позволил выяснить некоторые признаки, которые, как мы полагаем, являются специфичными для жильных мерзлотных образований вообще и псевдоморфоз по повторно-жильным льдам в частности. Как основу для дальнейших построений мы рассмотрим разрез траншеи у дер. Кирьяново. Участок расположен в 24 км севернее г. Углича по дороге на Рыбинск, приблизительно в 400 м к северо-востоку от дер. Кирьяново, на поле с абсолютными отметками 116,0—117,0 м.

На аэрофотоснимке участка видны узкие светлые линии, которые, выделяясь на более темном фоне, образуют частую сетку с размерами отдельных ячеек ~10—20 м. Большинство ячеек четырехсторонние, почти правильной прямоугольной формы. На рис. 1 мы видим полигональную сетку участка и положение канавы. При данном, почти правильном, расположении жил можно выделить два основных направления, определяющих стороны полигональной решетки. Жилы 1 и 3 имеют простирание, близкое к широтному, угол между направлением жил и линией запад—восток составляет около 15°; жилы 2 и 4, ограничивающие блок с двух противоположных сторон, образуют с направлением север—юг еще меньший угол, порядка 12°—13°. Характер полигональной системы жил позволяет, согласно Б. Н. Достовалову (1952, 1960), отнести жилы 1 и 3 к трещинам первой генерации; трещины, давшие жилы 2 и 4, по всей видимости, относятся ко второй генерации. На местности полигональный микрорельеф выражен недостаточно отчетливо, заметна слабая волнистость поверхности, подчеркиваемая пятнистостью почвенного покрова. Нивелирный профиль вдоль траншеи показал закономерное чередование плосковозвышенных участков длиной 10—20 м и разделяющих их ложбин шириной 3—5 м. Превышения блоков над ложбинами — в пределах десятка сантиметров.

Канавой были вскрыты четыре жилы и пересечение третьей и четвертой; все жилы вскрывались таким образом, чтобы плоскость разреза была перпендикулярна оси жилы. Зарисовка стенки канавы представлена на рис. 2; на рис. 3, 4 показаны более детальные зарисовки структур 1 и 2 (соответствующие жилам 1 и 2). Для полной характери-

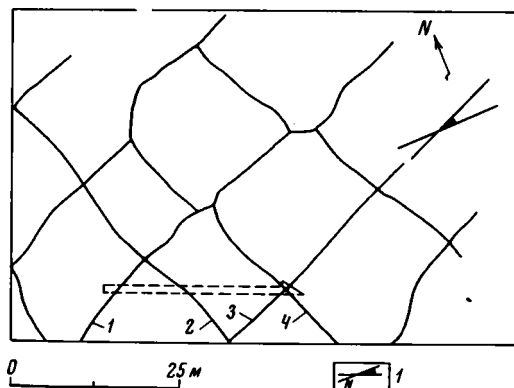


Рис. 1. Фрагмент полигональной сетки участка у дер. Кирьяново и положение канавы (цифры на рисунке — номера жил)

1 — угол между направлением полигональной решетки и линией север—юг

стики участка нами дается краткое описание геологического строения верхней толщи отложений (до глубины 4 м).

Геологический разрез показывает, что в ненарушенном залегании с поверхности под тонким ($\sim 0,2$ м) пахотным горизонтом залегает слой мелкозернистого песка мощностью 0,3—0,5 м, ниже — горизонт безвалунного светло-коричневого суглинка мощностью около 1,0 м, который ложится на малиново-красный валунный суглинок — морену (см. рис. 2). Выделяется горизонтальная зона, деформированная в виде отдельных волнообразных смятий, которой захвачены нижние слои суглинистого горизонта и верха моренного суглинка; она расположена на глубине 1,4—1,8 м. Волнообразные смятия подчеркиваются линзами серо-голубого суглинка и отдельными включениями темно-коричневого гумусированного материала.

Мерзлотные структуры на данном участке представляют собой крупные клиновидные образования, рассекающие толщу отложений до глубины 1,75—3,1 м.

Чрезвычайно важным является форма структур. Наиболее отчетливо и полно границы структуры могут быть прослежены на примере структуры 1, представленной на рис. 3. Размеры структуры следующие: по вертикали — 3,1 м, ширина в верхней части около двух метров; на глубине 1,4—1,7 м — резкое сужение границ, и ниже структура продолжается в виде неширокого (около 0,5 м) клина, заканчивающегося узкой жилкой. Границу структуры мы проводим по резкой смене песков и опесчаненных суглинков заполнения и моренных суглинков, либо светло-коричневого суглинка вмещающих пород. Для данной структуры характерна резкая асимметрия, четко выражающаяся по всей высоте структуры. Расстояния от оси до боковых границ слева и справа различны: на глубине 0,7—1,0 м от оси до правой границы — 0,5—0,6 м, до левой — 1,0—1,2 м. Асимметричное строение жилы прослеживается до глубины резкого сужения границ и подчеркивается различной глубиной перехода к клиновидной нижней части. В правой стороне резкий переход на глубине 1,4 м; слева — на глубине 1,7 м. В целом граница правой стороны ближе к вертикали, верхняя часть структуры лишь на 0,3—0,4 м шире нижней клиновидной части.

Прежде, чем перейти к рассмотрению следующих структур, необходимо подчеркнуть, что в восточной части траншеи (см. рис. 1) вскрыто пересечение жил 3 и 4 и траншея имеет форму треугольника; на одной стороне, являющейся продолжением траншеи, вскрыто само пересечение, на двух других — соответственно жилы 3 и 4.

Рассмотрим конфигурацию границ жилы 3. На рис. 2 видно, что структура достигает глубины 2,6—2,7 м и имеет ширину на глубине 0,7 м около 1,6 м. В левой части граница структуры отчетливая, пологая, на глубине 2,1 м — резкое сужение, но «второй», нижний ярус жилы вы-

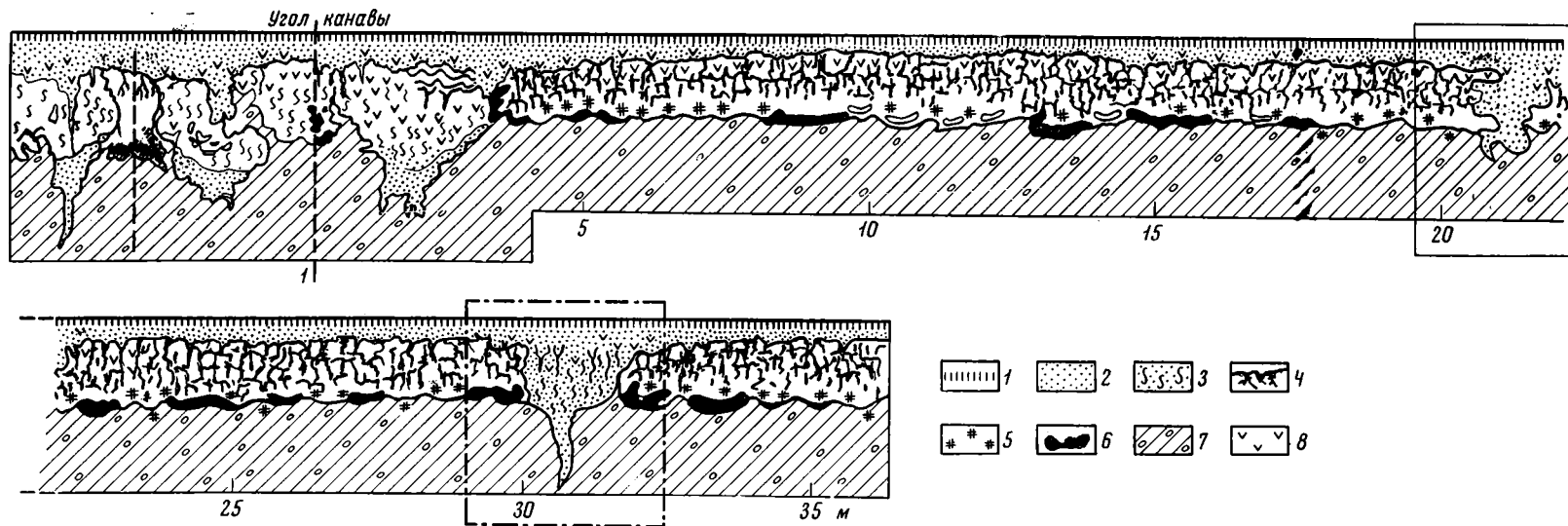


Рис. 2. Зарисовка южной стенки канавы

1— супесь серая — пахотный горизонт современной почвы, 2— песок среднезернистый, 3— песок среднезернистый, оглеенный; 4— суглинок коричнево-бурый; 5— суглинок бурый зернистой структуры; 6— суглинок темно-коричневый гумусиро-

ваный; 7— суглинок малиново-красный, валунный — морена; 8— ожелезнение. В рамке, показанной штрих-пунктиром, — фрагмент, изображенный на рис. 3; в рамке, показанной сплошной линией, — фрагмент, изображенный на рис. 4

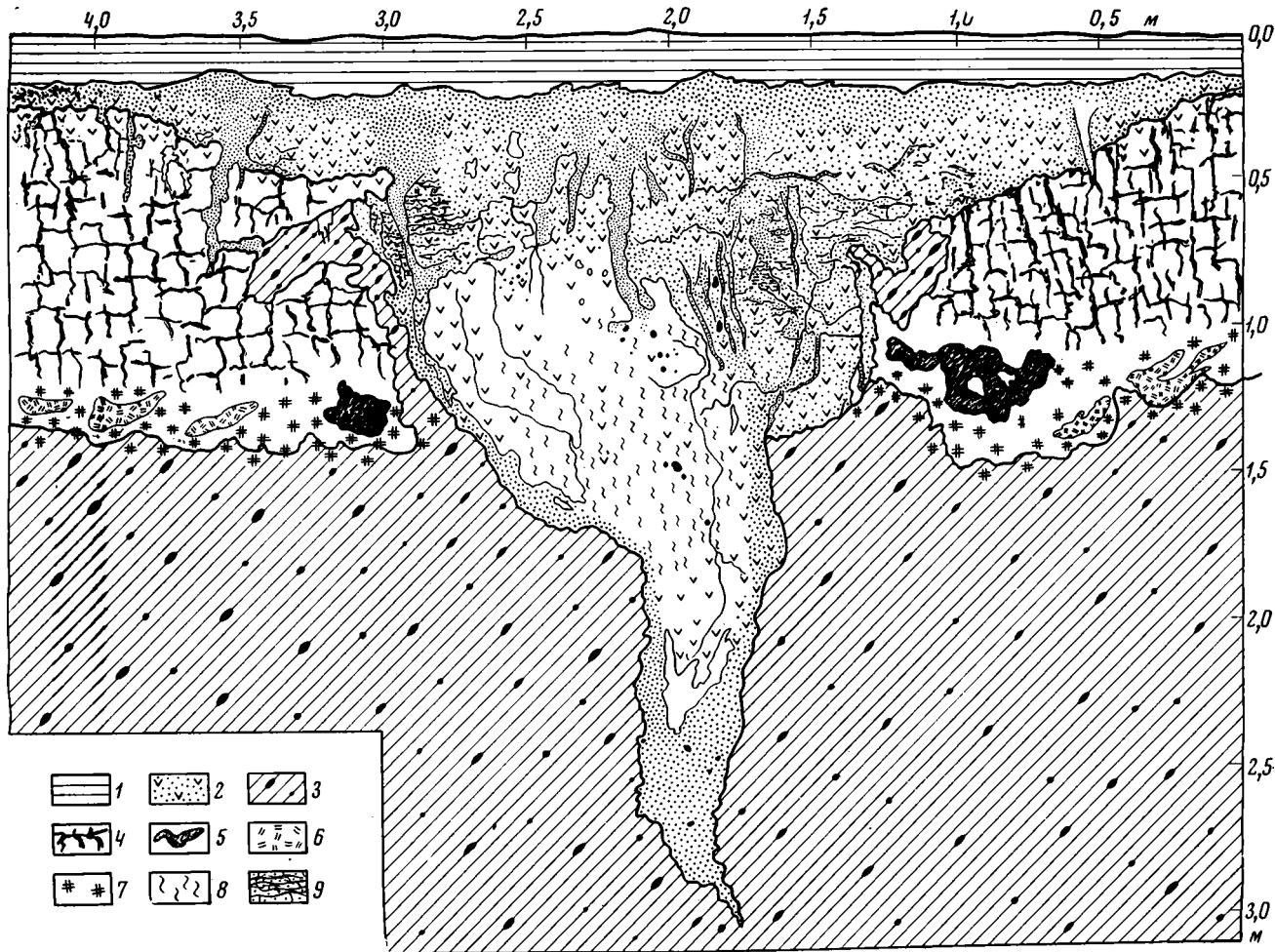


Рис. 3. Зарисовка клиновидной структуры (жила 1; см. рис. 2)

1— пахотный горизонт современной почвы; 2— песок средне- и мелкозернистый с полосами и пятнами ожелезнения; 3—8—суглинок: 3—красно-бурый с гравием (морена); 4—светло-коричнево-бурый, 5—темно-коричневый, гумусированный, 6—серо-синий, оглеенный, 7—бурый зернистой структуры, 8—светло-бурый, ожеженный с марганцовистыми включениями; 9—тонкие ожеженные прокладки красно-бурого цвета

ражен плохо. Он как бы недоразвит, сплюснут снизу и имеет всего 0,4 м по вертикали. В правой стороне граница структуры прослеживается достаточно определенно только до уровня 1,3—1,4 м, выше она нарушена западением крупной глыбы моренного суглинка. Возможно, это объясняется тем, что жила была вскрыта вблизи пересечения узла, где процесс разрушения границ при вытаивании пород был более сложным. Однако даже такой «неполный» разрез позволяет сделать выводы, во-первых, о резкой асимметрии левой и правой сторон жилы, с более пологой и расширенной левой частью (расстояния от условной оси жилы на глубине полутора метров составляют в правой части 0,5 м, в левой 1,0—1,1 м). Во-вторых, как мы видели и при рассмотрении структуры 1, граница правой части имеет направление, близкое к вертикальному.

Итак, мы закончили рассмотрение поперечного разреза двух жил, имеющих почти параллельное пространственное положение, и, как было показано выше, направление их простираения близко к широтному. При описании структур мы умышленно пользовались условными названиями левая и правая сторона.

Действительно, клинообразная форма жил подразумевает две основные стороны, или, если так можно сказать, два микросклона, которые в определенный период существования подвергались воздействию солнца. Согласно положению жил, микросклоном южной экспозиции была именно левая сторона рассмотренных жил. Соответственно экспозиции этот микросклон получал значительно большее количество тепла, чем противоположный. Значение экспозиции склона в условиях вечной мерзлоты весьма велико и, как было показано рядом авторов («Основы геокриологии», 1959; Григорьев, 1966; Баранов, 1965, и др.), может быть определяющим при рассмотрении вопроса разрушения склонов. Экспозицией также определяется различная глубина протаивания. Конечно, размеры боковых сторон жил весьма невелики, нижняя клиновидная часть жил едва ли могла быть когда-либо свободной боковой поверхностью, поэтому все построения относятся нами к «первому ярусу» жил. Его вертикальные размеры на данном участке составляют 1,5—2,0 м. Рассмотренный характер границ показывает очевидную взаимосвязь конфигурации жил и их пространственного положения. В период деградации мерзлоты микросклоны южной экспозиции каждой из жил разрушались намного интенсивнее и противоположные стороны жил сохраняли положение, близкое к вертикальному. Необходимо учесть, что в период разрушения породы обладали и определенной льдистостью, что также влияло на характер разрушения микросклонов.

Проведенный анализ осложняется тем, что «верхний ярус» жил, согласно мнению А. И. Попова (Попов 1957, 1959), соответствует глубине сезонного протаивания и именно процессы в деятельном слое обуславливают значительную ширину жил. Учитывая это положение, конечно, трудно представить, чтобы процессы, протекавшие в деятельном слое, создавали изначальную асимметрию границ. Скорее всего неравномерное разрушение сторон проявлялось на этапе деградации мерзлоты и должно быть отнесено прежде всего к тем полостям, которые образуются при вытаивании ледяных жил. Изначально грунтовые жилы не имели при переходе в реликтовое состояние свободных боковых поверхностей и едва ли обладали указанной асимметрией. Исключение могут составить грунтовые жилы с высокой льдистостью выполняющего материала.

Для подтверждения наших выводов рассмотрим конфигурацию границ тех жил (см. рис. 4), которые имеют направление, близкое к линии север—юг.

Поперечный разрез жилы 2 представлен на рис. 4. Вертикальные и горизонтальные размеры структуры невелики: общая высота — 1,75 м, ширина на глубине — 0,8 м, т. е. в наиболее широкой части — 1,1—1,2 м.

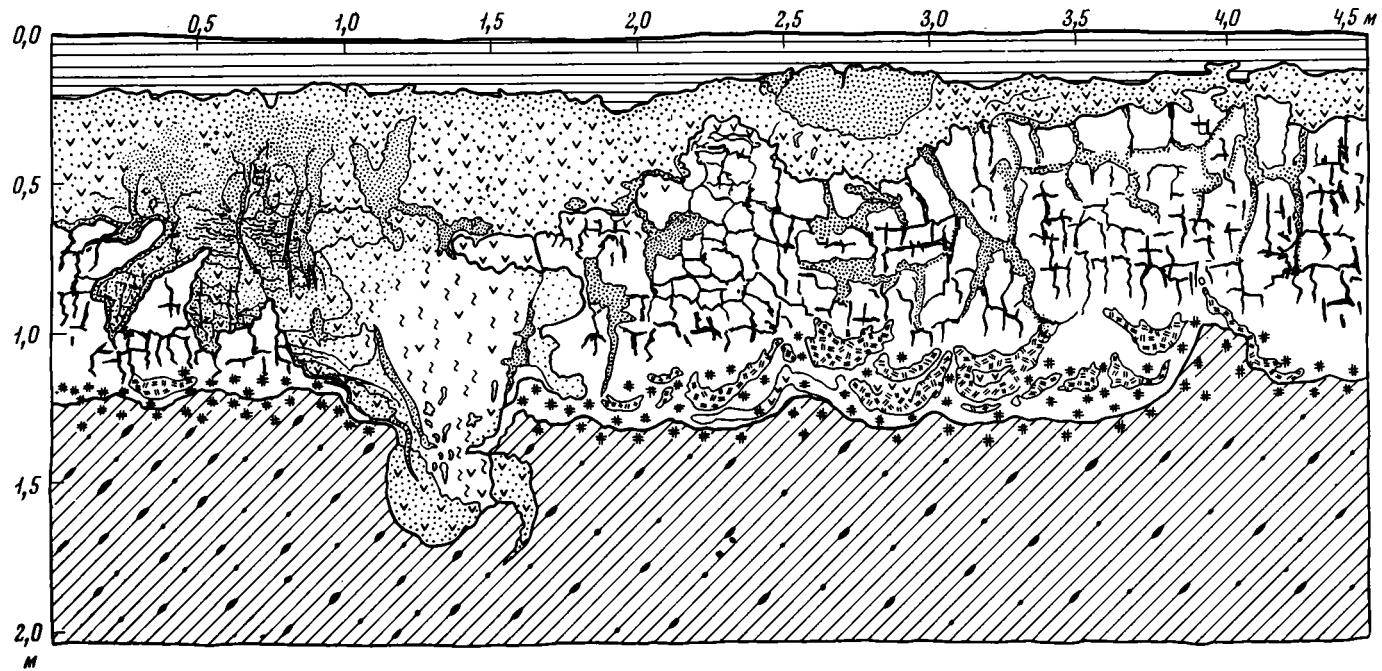


Рис. 4. Зарисовка клиновидной структуры (жила 2, см. рис. 2)

Условные обозначения см. рис. 3

Границы неровные, изломанные, с «kozyрьком» в правой части. Однако в данном случае правая и левая части структуры приблизительно одинаковы по размерам, расстояния от оси жилы до границ в наиболее широкой части мало отличаются.

Поперечный разрез жилы 4 не дает полного представления о границах структуры. Выше 1,5-метровой отметки ее очертания расплывчаты, что, очевидно, связано с близостью точки пересечения жил. Однако и для нее, при общей сравнительно симметричной форме границ, характерна более пологая сторона, имеющая юго-западную экспозицию.

Материалы, полученные нами на других участках, также говорят о правильности сделанного вывода о связи асимметрии сторон с их экспозицией. К сожалению, пока мы не располагаем достаточными материалами о конфигурации и строении жил, обнаруживаемых в покровных суглинках. Такие данные имеются в литературе, и на рассмотрении их мы остановимся ниже.

Выявленные закономерности позволяют по-новому рассмотреть характер заполнения жил. Обычно при описании псевдоморфоз говорится о сложном перемешивании, включениях отдельных глыб, некоторыми авторами выделяется облекающая слоистость (Хруцкий, 1964, и др.).

Рассмотрим кратко характер заполнения псевдоморфоз, встреченных на участке у дер. Кирьяново. Наиболее отчетливая картина представлена в разрезе жилы 1 (см. рис. 3). Нижняя клиновидная часть жилы заполнена средне- и мелкозернистыми песками, включения гравия очень редки, слоистость не выделяется. Выше глубины 2 м в заполнении жилы принимали участие две основные литологические разности: песок средне- и мелкозернистый и опесчаненные суглинки. Распределение их внутри жилы неравномерно; отчетливо видно, что вдоль стороны южной экспозиции основную массу заполнения составляют суглинки, иногда с небольшим количеством гравия. Противоположная часть жилы в верхней части преимущественно выполняется песками. Пески содержат частую сетку тонких ожелезненных бурых жилок.

Сравнительно сходный характер заполнения имеет и жила 3, но, как мы уже говорили, во втором случае близость пересечения нарушает картину. Заполнение жил 2 и 4 более равномерное. Пески и опесчаненные суглинки не имеют преимущественного увеличения вдоль какой-либо стороны. Характерным остается лишь заполнение нижних клиновидных частей жил.

Необходимо отметить, что имеющиеся материалы не позволяют считать окончательно выясненным вопрос о заполнении жил. На данном этапе мы лишь подчеркиваем возможное существование взаимосвязи распределения заполняющего материала с процессом разрушения сторон.

Закономерная особенность конфигурации границ реликтовых мерзлотных жил и характерная асимметричная форма части структур не являются, конечно, фактором, свойственным только данному участку или району. Во многих случаях в опубликованных работах других авторов на подробных зарисовках или фотографиях структур указанные признаки видны отчетливо. В статье С. Ф. Хруцкого (1964) на приведенной фотографии псевдоморфозы по эпигенетическому трещинно-полигональному льду хорошо видно резкое различие в форме сторон жилы. К сожалению, автор не приводит данных об ориентировке обнажения и простиранья жилы, что не позволяет провести дополнительный анализ.

Характерно, что косвенное указание на сходный характер формы жилы имеется в подробном описании структур, приводимом А. И. Поповым, который отмечал двухъярусность строения грунтовых жил и деформированную смещенную нижнюю часть структур (Попов, 1957). Можно предположить, что в свете отмеченных нами выше признаков «смещение» верхней части жилы является проявлением асимметрии

общей формы жилы. В таком случае данные образования, возможно, должны быть отнесены к категории псевдоморфоз. Литературные данные говорят о том, что фактическая форма самих ледяных тел, а также изначально грунтовых жил не всегда соответствует обобщенным теоретическим представлениям. Изначальная асимметрия жил могла проявиться за счет различных факторов, обуславливающих рост жил. Это необходимо учитывать при анализе конфигурации реликтовых образований. Поэтому в каждом случае с достаточной уверенностью определить категорию мерзлотных образований можно лишь при наличии системы жил и отчетливо выраженной взаимосвязи между формой структур и пространственным расположением жил.

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы не позволяют возводить признак асимметричного строения структур в ранг абсолютных и окончательных критериев. Очевидно, что уточнение понятий будет происходить по мере накопления новых материалов. Однако на данном этапе, как мы считаем, помимо «внутримерзлотного» значения, данный признак может быть использован шире.

При разборе структур и отнесении их к классам мерзлотных либо диагенетических (так называемых структур конвективной неустойчивости) данный признак может быть использован. Большинство схематичных рисунков, приводимых в работах сторонников гипотезы конвективной неустойчивости, и сам характер развития процесса конвективной неустойчивости предполагают симметричные, плавные формы границ (Артюшков 1963а, б, 1964, 1965; Костяев 1964, 1965, 1967). Отклонения от этого правила встречаются, согласно мнению данных авторов, сравнительно редко и, очевидно, могут быть обусловлены только случайными причинами. Таким образом, закономерная обусловленность асимметрии, ее связь с определенным пространственным положением изучаемых жил и четкая выраженность должны свидетельствовать о несомненном мерзлотном генезисе образований.

Морфологические особенности грунтовых жил на участке у дер. Кирьяново позволяют, согласно положению А. И. Попова о двухъярусном строении грунтовых жил, сделать вывод о глубине сезонного протаивания в период существования мерзлоты. Глубина сезонного протаивания определяется (Попов 1957, 1959) уровнем перехода от расширенного «верхнего яруса» жилы к узкой клиновидной части. Из приведенных описаний структур и зарисовок (см. рис. 2, 3) мы видим, что перегибы к нижней части жил данного участка находятся на различной глубине. Сужение отмечается на глубинах от 1,4 до 2,0 м. Даже в пределах одной структуры, например первой (см. рис. 3), левая и правая стороны имеют различную глубину сужения: справа — 1,4 м, слева — 1,7 м. Достаточно оснований считать, что в пределах одного участка глубина древнего сезонного протаивания была одинаковой для различных точек. Скорее всего она составляла на данном участке около 1,4—1,5 м и должна определяться либо по глубине сужения субмеридиональных жил, либо по форме границ тех сторон, которые подвергались воздействию солнца в наименьшей степени. Мы упоминали об уровне волнообразного перемешивания, который расположен на глубинах 1,3—1,6 м (см. рис. 3,4). Возможно, что возникновение этого уровня также определено мерзлотными факторами. В таком случае это является также доказательством глубины древнего сезонного протаивания, составлявшей 1,4—1,6 м.

В заключение необходимо отметить, что получение обоснованных выводов требует тщательной фиксации (зарисовок, фотографирования) обнаруженных структур, а не передачи их общей конфигурации. Желательно определение их пространственного положения. Без соблюдения этих требований фактический материал не вполне сопоставим и не может быть произведен обоснованный анализ образований. Полученные

нами материалы дают основания для следующих выводов: анализ формы и строения реликтовых мерзлотных образований позволил выявить определенную взаимосвязь конфигурации структур и пространственного положения жил, причем преимущественное разрушение одной из сторон жил и асимметричная форма наиболее резко выражаются у жил, направление которых близко к широтному. Жилы, направление которых близко к меридиональному, имеют сравнительно симметричную форму. Характер заполнения жил также в значительной степени определяется процессом разрушения сторон. Асимметричные жилы имеют неравномерное заполнение. Таким образом, выявленные признаки позволяют подтвердить мерзлотное происхождение структур и дают дополнительные основания для определения их как псевдоморфоз по повторно-жилым льдам.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюшков Е. В. О возможности возникновения и общих закономерностях развития конвективной неустойчивости в осадочных породах.— ДАН СССР, 1963а, 153, № 1.
- Артюшков Е. В. Основные формы конвективных структур в осадочных породах.— ДАН СССР, 1963б, 153, № 2.
- Артюшков Е. В. О физических причинах возникновения полигональных структур в грунтах.— В кн.: Проблемы палеогеографии и морфогенеза в полярных странах и высокогорье. М., Изд-во МГУ, 1964.
- Баранов И. Я. Принципы геокриологического районирования области многолетнемерзлых горных пород. М., «Наука», 1965.
- Величко А. А. Криогенный рельеф позднеплейстоценовой перигляциальной зоны (криолитозоны) Восточной Европы.— В кн.: Четвертичный период и его история. М., 1965.
- Григорьев Н. Ф. Многолетнемерзлые породы приморской зоны Якутии. М., «Наука», 1966.
- Достовалов Б. Н. О физических условиях образования морозобойных трещин и развитии трещинных льдов в рыхлых мерзлых породах.— Исследование вечной мерзлоты в Якутской республике, вып. 3, М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Достовалов Б. Н. Закономерности развития тетрагональных систем ледяных и грунтовых жил в дисперсных породах.— В кн.: «Перигляциальные явления на территории СССР», М., изд-во МГУ, 1960.
- Костяев А. Г. О происхождении клиновидных и складчатых деформаций слоев в четвертичных отложениях.— В кн.: «Проблемы палеогеографии и морфогенеза в полярных странах и высокогорье». М., изд-во МГУ, 1964.
- Костяев А. Г. Ледяные жилы и конвективная неустойчивость грунтов.— В кн.: Подземный лед, вып. I, М., изд-во МГУ, 1965.
- Костяев А. Г. К вопросу о роли конвективных процессов в формировании ледяных жил.— В кн.: Подземный лед, вып. III, М., изд-во МГУ, 1967.
- Основы геокриологии. М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Попов А. И. Геологические и геоморфологические условия подмосковного стационара.— В кн.: Сезонное промерзание грунтов и применение льда для строительных целей. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Попов А. И. Грунтовые жилы на севере Западной Сибири.— «Вопросы физической географии полярных стран». Вып. 2, М., изд-во МГУ, 1959.
- Хруцкий С. В. Реликты трещинно-полигональных льдов в нижней части долины р. Оби.— В кн.: Проблемы палеогеографии и морфогенеза в полярных странах и высокогорье, М., изд-во МГУ, 1964.