

МЕРЗЛОТНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА В с. УСТЬ-КИШЕРТЬ МОЛОТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Максимович и К. А. Горбунова.

В областях развития вечной мерзлоты встречаются мерзлотные формы рельефа в виде гидролакколитов, торфяных бугров, бугров могильников и других положительных форм. Вне зоны устойчивой мерзлоты в областях с глубоким сезонным промерзанием описаны дорожные пучины, которые носят сезонный характер (8, 18). Имеется также упоминание М. И. Сумгина о кратковременно существовавшей грунтовой наледи в г. Свердловске (20).

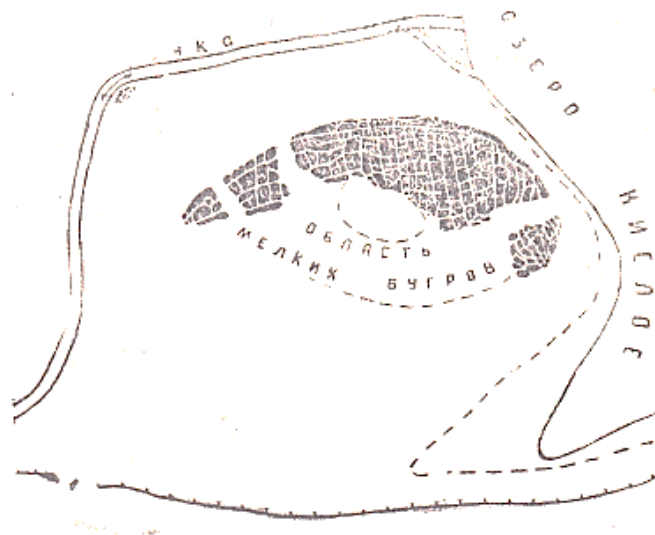
В настоящей статье описаны мерзлотные бугры, внешне сходные с буграми-могильниками, но образовавшиеся в зоне сезонного промерзания. Они были установлены первым из авторов в с. Усть-Кишерть Молотовской области в 1943 г.

Район с. Усть-Кишерть представляет левобережье р. Сылвы. Река Сылва имеет здесь пойму и четыре надпойменных террасы. I и II террасы аккумулятивные. III и IV террасы эрозионные. I терраса развита на значительной площади. Высота ее над уровнем р. Сылвы 3,5–6 м, а наибольшая ширина 1,9 км. I терраса имеет разнообразный рельеф. Поверхность террасы осложнена многочисленными озерами-старицами, протоками между ними и валами. Валы или гривы шириною до 20 м при высоте 2–2,5 м располагаются параллельно современным и древним излучинам р. Сылвы, являясь реликтами русел на различных стадиях меандрирования. Северо-восточнее с. Усть-Кишерть на террасе развиты карстовые воронки, число которых достигает 150. В районе д. Соломатово для заболоченных участков террасы характерен кочкарный и бугристый рельеф. Составляющие его небольшие бугры высотой до 1 м и 0,8 м в поперечнике сложены растительными остатками. Форма их обычно цилиндрическая.

Между озерами-старицами Кислым и Оброчным расположена основная масса мерзлотных бугров, которые будут описаны ниже.

По А. Е. Мацко, в основании I террасы залегают галечники и пески мощностью до 4 м (горизонты I и II, 13), выше находятся суглинки и глина мощностью 3–5 м (III и IV горизонты). В уступе террасы по берегу р. Сылвы обнажаются суглинки желтовато-бурого цвета. II терраса сохранилась только небольшими участками. Высота ее над уровнем реки 12–15 м. В с. Усть-Кишерть, расположенном на II террасе, имеется несколько крупных провальных карстовых озер, одно из которых образовалось в августе 1949 г. (17).

II терраса сложена внизу галечниками, выше песками и суглинками. Последние перекрыты лессовидными суглинками.



Фиг. 1. План мерзлотных бугров.

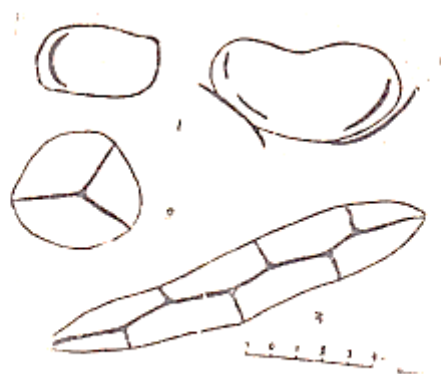
Мерзлотные бугры находятся на I террасе р. Сылвы между озерами-старичами Оброчным и Кислым. С севера они ограничены речкой, соединяющей озера. Бугры отделены от речки и озера низменной полоской, заболоченной в прибрежной части. Ширина ее у речки 20–25 м, у озера Кислого 5–10 м. В 45–50 м южнее бугров проходит уступ II террасы. Бугры имеют прямоугольные, реже округлые очертания. Длина наиболее крупных бугров 6,4–7,7 м, ширина 3–3,5 м. Высота колеблется от 0,3–0,4 м (XI–1946) до 0,6–0,62 м (15.IV–1947). На поверхности бугров летом наблюдаются небольшие округлые и линейные понижения, изображенные на фиг. 1. Бугры разделены бороздами, ширина которых в нижней части 0,2–0,3 м. Они ориентированы в двух основных направлениях: параллельно и нормально береговой линии речки. Такая ориентировка наблюдалась А. И. Гусевым для тетрагональных грунтов (5). Поверхность бугров и стенки борозд задернованы. Между крупными буграми и уступом II террасы расположены мелкие эмбриональные бугры округлые в плане с поперечником 0,7–1 м при высоте 0,25–0,3 м. В центральной части участка, занятого буграми, находится блюдцеобразное понижение, заполняемое весной талыми водами.

Описанные бугры не являются единственными в данном районе. Здесь охарактеризована наиболее типичная их группа с эмбриональными формами. Подобные явления наблюдаются на той же террасе по берегу озера Оброчного, между озерами Мижуевским и Сысково и севернее оз. Кислого.

Наблюдения над буграми производились в мае–июне 1943 г. и в последующие годы. В 1946 г. произведена детальная съемка участка. Сопоставление наблюдений 1943 и 1946 годов показывает, что площадь, занятая буграми, увеличилась. Появилась группа бугров в изгибе речки. Таким образом, процесс бугрообразования продолжается. Одновременно с возникновением новых бугров происходит разрушение крупных бугров путем дробления.

В мае 1943 г. в одном из бугров на глубине 0,30 м бурением была установлена линза льда мощностью 0,20 м. Этот лед в июне того же года уже отсутствовал, а на поверхности бугра наблюдалась небольшая термокарстовая западинка.

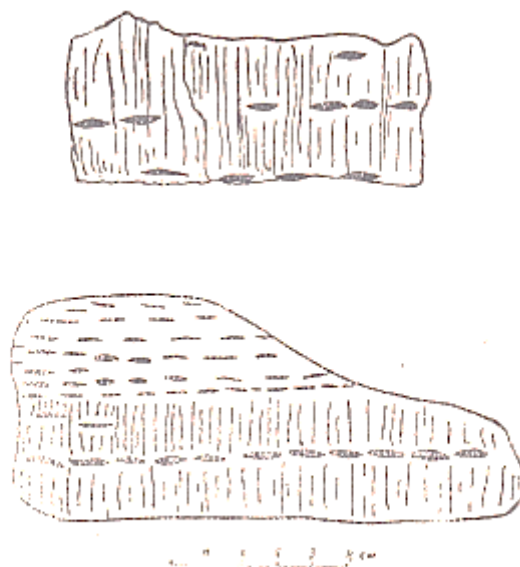
Раскопка, произведенная 11/XI– 1946 г., показала, что бугры промерзли на 0,27 м. Ниже мерзлого слоя суглинки были сильно увлажнены. Глубина промерзания мелких бугров составляла 0,26 м. В мерзлом слое имелись прожилки льда мощностью до 5 мм и пустотки, заполненные кристаллами льда. Глубина промерзания в бороздах была всего 5 см. При раскопке одного из бугров 3/XI 1946 г. оказалось, что глубина промерзания достигает уже 0,4 м.



Фиг. 2. Морозобойные трещины. 1. На буграх. 2. В блюдцеобразном понижении. 3. На валах на I террасе р. Сылвы.

Наблюдения над буграми 15/IV–1947 г. показали следующее превышение бугров над прибрежной полоской составляет 1 м, высота бугров 0,6–0,62 м. Глубина оттаивания вблизи речки 0,06 м, а на буграх от 0,18 до 0,25 м. Бугры, расположенные в центральной части, оттаяли на большую глубину, мелкие бугры оттаяли до основания. Некоторые бугры разбиты трещинами, проходящими параллельно бороздам (фиг. 2). Трещины имеются и в бороздах. Длина их 1,5–2 м, глубина 17 см на буграх и 9 см в бороздах, ширина 9 см. При раскопке бугров или при отваливании края трещин на глубине 0,38–0,48 м обнаружены линзы льда мощностью 4–6 см. Лед имеет шестоватое строение. В нем встречаются линзовидные прожилки глины мощностью 5 мм и 1 см длины (фиг. 3).

Летом 1947 г. высота бугров уменьшилась и на поверхности появились термокарстовые западинки.



Фиг. 3. Строение льда из бугров (черные линии—суглинок).

23/XI—1947 г. отмечено увеличение высоты бугров по сравнению с летним временем и появление на их поверхности вздутий меньшего размера (второго порядка), а также небольших трещин, по которым произошло незначительное поднятие центральных частей бугров. Наблюдения над буграми в течение восьми лет дают следующую картину изменения их по временам года.

С установлением низких температур высота бугров увеличивается. В начале зимы поверхность бугров обычно свободна от снега, так как незначительное количество выпавшего снега сносится в борозды. Она приобретает микробугристый рельеф, и очертания бугров вырисовываются рельефнее. В то же время возникают мелкие бугорки в излучине речки и между буграми и уступом II террасы.

Увеличение вертикальных размеров бугров и появление мелких бугорков вызвано увеличением объема грунта при промерзании за счет образования кристаллов и линз льда в почве. Дальнейшее похолодание способствует росту линз льда и в конце зимы они становятся наибольшими. Бугры разбиваются морозобойными трещинами.

Весной мерзлый слой в бугре начинает оттаивать, линзы льда уменьшаются, а затем исчезают. Как следствие этого, на буграх появляются термокарстовые западни. Стенки трещин обрушиваются, и они превращаются в дополнительные борозды. Высота бугров уменьшается. Мелкие бугры оттаивают до основания, а некоторые из них исчезают.

II

В районе вечной мерзлоты формы, подобные описанным, именуются буграми-могильниками, а группы их могильниковыми (или бугристыми) марями (10, 21). В литературе по мерзлотоведению указывается, что происхождение бугров-могильников окончательно не выяснено (10), причем приводится до семи предположений о их происхождении (21). Авторы

считают, что мерзлотные бугры в данном районе образовались аналогично дорожным пучинам.

Вспучивание грунтов ряд исследователей объясняют перемещением воды в связных грунтах из талого горизонта в мерзлый, где она превращается в кристаллы льда, ледяные линзы, вследствие чего объем грунта увеличивается (22). При возникновении пучин значительную роль играют климатические факторы, характер грунтов и гидрогеологические условия местонахождения пучин. Из элементов климата важную роль играют морозные зимы и наличие периодов длительной режеляции. В гидрогеологическом отношении пучины связаны с высоким уровнем грунтовых вод относительно дневной поверхности, наличием застоя или подтока этих вод к месту пучин (8).

На территории с. Усть-Кишерть наблюдается грунтовый поток, который направлен к р. Сылве и к ее притоку р. Кишертке. Грунтовый поток приурочен к песчано-галечным отложениям, находящимся в основании II и I террас. Глубина грунтовых вод на II террасе 8–10 м, на I – 2,6–6,3 м.

Бурение у подошвы II террасы вблизи оз. Кислого показало, что воды грунтового потока питают озеро.

В районе развития мерзлотных бугров водоупорный горизонт находится на небольшой глубине и воды грунтового потока II террасы питают покровные суглинки I террасы. Это вызывает заболачивание в пониженных местах.

Процесс бугрообразования может происходить при среднегодовой температуре, близкой к отрицательной. Поэтому данные о среднегодовых температурах и наиболее низких зимних температурах представляют существенный интерес. Непосредственно для с. Усть-Кишерть нет метеорологических наблюдений, поэтому воспользуемся данными для г. Кунгура, расположенного в 20 км на с.-з. от интересующих нас бугров. Для г. Кунгура, по данным М. В. Донского, за 20 лет (1925–1944) средняя годовая температура составляет $+1,7^{\circ}$. В отдельные годы она достигала $-0,2$, $+0,9$ (1942). Минимальные температуры воздуха за то же двадцатилетие $-45,6^{\circ}$ (1/1929), $-39,9^{\circ}$ (1/1941), $-40,9$ (1/1943).

Наблюдения над температурой почвы в заповеднике «Предуралье» (3, 4, 16), находящемся в 7 км от бугров, в 1944–1946 гг, показали, что минимальная температура на поверхности почвы была $-42,5^{\circ}$ (31/1–1945). На глубине 10 см промерзание начинается на четвертый день после установления среднесуточных отрицательных температур на поверхности почвы. Минимальные годовые температуры на этой глубине ($-11,8$ 11 /XII и $-10,1^{\circ}$ 30/1) наблюдались в дни минимальных средних температур у поверхности почвы ($-25,1^{\circ}$ и $-33,2^{\circ}$).

На глубине 20 см отрицательные температуры начались на девятый день после установления отрицательных температур на поверхности почвы. Минимальные температуры были в те же дни, что и на глубине 10 см и составляли соответственно $-6,6^{\circ}$ и $-8,7^{\circ}$.

На карте глубин зимнего промерзания почв под естественной поверхностью, составленной научными сотрудниками Института мерзлотоведения, Кишертский район находится в V зоне, характеризующейся глубиной промерзания от 1,0 до 1,25 м (9). В районе имеется известная Кунгурская и ряд других ледяных пещер (14, 15).

В нормальных условиях летом грунтовый поток, приуроченный к основанию II террасы, питает покровные суглинки в районе развития бугров. Далее подземные воды поступают в небольшую речку, ограничивающую участок с севера. С установлением низких температур промерзание почвы в первую очередь проявляется на пониженных участках вблизи речки. Это вызывает уменьшение, а затем полное прекращение фильтрации воды в речку. Создается подпор грунтового потока и искривление зеркала грунтовых вод (2, 11, 12). Вода по капиллярам перемещается в верхние горизонты, где образуются вначале кристаллы, а затем линзы льда. Объем грунта увеличивается, появляется система морозобойных трещин, разбивающих поверхность террасы на отдельные бугорки. При оттаивании высота бугорков уменьшается, но трещины сохраняются, превращаясь в борозды. Последующие замерзания вызывают рост бугров только в высоту.

Опыты П. Н. Каптерева показали (7), что прирост объема при замерзании воды в конкретных ледяных телах распределяется обыкновенно неравномерно. Во всех многочисленных опытах замораживания воды в сосудах, горизонтальные размеры которых значительно превосходят вертикальные, растяжение и вспучивание происходят всегда в вертикальных направлениях, в горизонтальном же направлении размеры оставались без изменений или происходило даже впячивание, сжатие.

Сохранение мерзлотных бугров в летнее время связано с рядом причин. Бугры ограничиваются трещинами, что фиксирует их достаточно отчетливо. Кроме того, надо предполагать, что вместе с грунтовой водой при вертикальном ее перемещении поступают и алевритовые частицы, приносимые грунтовым потоком в пустоты, освобожденные от льда. Значительную роль играет перемещение суглинков в вертикальном направлении при замерзании. Морозобойные трещины наблюдались не только на буграх. К северу от р. Рубцовки по поверхности вала проходит продольная трещина длиной 10 м. От нее отходят дополнительные поперечные, разбивая вал на бугорки (фиг. 2). В излучине протока у оз. Каравашек они расположены в овальном плоском понижении радиально (фиг. 2).

На возможность образования наледей при отсутствии вечной мерзлоты в местах с суровым климатом, с глубоким промерзанием почвы, при наличии неглубокого залегания

водонепроницаемых слоев указывал М. И. Сумгин (20). Как уже указывалось, он приводит случай образования наледи в г. Свердловске.

Данные по дорожным пучинам показывают, что южная граница их распространения совпадает с южной границей лесостепи. Пучины встречаются в СССР в областях, где глубина промерзания почвы превышает 1 м.

В 1951 г. мерзлотные бугры, подобные описанным, установлены в районе г. Молотова по р. В. Мулянке у д. Фролы и по р. Н. Мулянке вблизи с. Култаева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боч С. Г. Гидролакколиты и торфяные бугры на Урале. Мат. по геоморфологии Урала, в. 1, 246–248, 1948.
2. Гладиин И. Н. и Дзенс-Литовский А. И. Мерзлотные «сальзы» и гидролакколиты района Доронинского Содового озера. Изв. гос. геогр. о-ва, т. 68, в. 4, 1936.
3. Голубева Л. В. Геоморфология заповедника «Предуралье». Изв. ест.- научн. ин-та Молот, гос. ун-та, т. 12, в. 7, 1948.
4. Голубева Л. В. Карстово-спелеологическая станция заповедника «Предуралье». Природа № 7, стр. 87–88, 1949.
5. Гусев А. И. Тетрагональные грунты в арктической тундре. Изв. гос геогр. о-ва, т. 70, в. 3, 377–385, 1938.
6. Драницын Д. А. О некоторых зональных формах рельефа Крайнего Севера. Почвоведение, № 14, 1944.
7. Каптерев П. Н. Неравномерное распределение прироста объема воды при замерзании. ДАН СССР, т. 58, № 2, 225–228, 1947.
8. Качурин С. П. Опыт исследования пучинистых участков дороги в связи с рельефом местности. Исследование пучин на автомобильных дорогах. Тр. ДОРНИИ, в. 2, 122–158, 1941.
9. Колосков П. И. Глубина зимнего промерзания почвы в европейской части СССР и в Казахстане. Мерзлотоведение, т. II, в. 1, 36–42, 1947.
10. Кушев Л. С. Наблюдения над могильниками. Сб. инструкций и программных указаний по изучению мерзлых грунтов и вечной мерзлоты. 120–128, 1938
11. Лопарев Н. Т. и Толстих и н Н. И. Гидролакколиты Хода–Булана. Изв. Гос. геогр. о-ва, т. 71, № 9, 1295– 1311, 1939.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОЛОТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени А. М. ГОРЬКОГО

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

Том VII, выпуск 4

Геология и география

Отдельный выпуск

МОЛОТОВСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
г. Молотов — 1956 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
МОЛОТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. А. М. ГОРЬКОГО

Том VII, вып. 4.

1956

МЕРЗЛОТНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА В с. УСТЬ-КИШЕРТЬ МОЛОТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Максимович и К. А. Горбунова.

В областях развития вечной мерзлоты встречаются мерзлотные формы рельефа в виде гидралаколитов, торфяных бугров, бугров могилянников и других положительных форм. Вне зоны устойчивой мерзлоты в областях с глубоким сезонным промерзанием описаны дорожные пучины, которые носят сезонный характер (8,18). Имеется также упоминание М. И. Сумгина о кратковременно существовавшей грунтовой наледи в г. Свердловске (20).

В настоящей статье описаны мерзлотные бугры, внешне сходные с буграми-могилянниками, но образовавшиеся в зоне сезонного промерзания. Они были установлены первым из авторов в с. Усть-Кисерьт Молотовской области в 1943 г.

Район с. Усть-Кисерьт представляет левобережье р. Сыды. Река Сыды имеет здесь пойму и четыре надпойменных террасы. I и II террасы аккумулятивные. III и IV террасы эрозийные. I терраса развита на значительной площади. Высота ее над уровнем р. Сыды 3,5—6 м, а наибольшая ширина 1,9 км. I терраса имеет разнообразный рельеф. Поверхность террасы осложнена многочисленными озерами-старницами, протоками между ними и валами. Вала или гривы шириною до 20 м при высоте 2—2,5 м располагаются параллельно современным и древним излучинам р. Сыды, являясь реликтами русел на различных стадиях меандрирования. Северо-восточнее с. Усть-Кисерьт на террасе развиты карстовые воронки, число которых достигает 150. В районе д. Соломатово для заболоченных участков террасы характерен кочкарный и бугристый рельеф. Составляющие его небольшие бугры высотой до 1 м и 0,8 м в поперечнике сложены растительными остатками. Форма их обычно цилиндрическая.

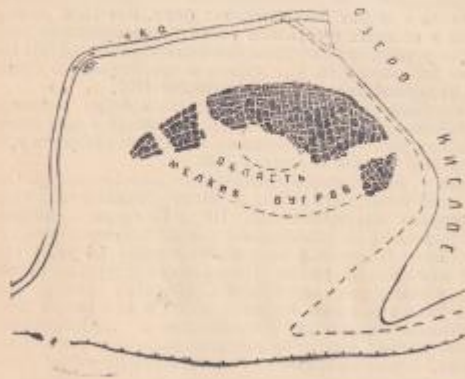
Между озерами-старницами Кислым и Оброчным расположена основная масса мерзлотных бугров, которые будут описаны ниже.

По А. Е. Мацко, в основании I террасы залегают галечники и пески мощностью до 4 м (горизонты I и II, 13), выше находится суглинки и глина мощностью 3—5 м (III и IV горизонты). В усту-

ли террасы по берегу р. Силвы обнажаются суглинки желтовато-бурого цвета.

II терраса сохранилась только небольшими участками. Высота ее над уровнем реки 12—15 м. В с. Усть-Кишерть, расположенном на II террасе, имеется несколько крупных провалных карстовых озер, одно из которых образовалось в августе 1949 г. (17). II терраса сложена внизу галечниками, выше песками и суглинками. Последние перекрыты лессовидными суглинками.

Мерзлотные бугры находятся на I террасе р. Силвы между озерами-старичами Оброчныи и Кислым. С севера они ограничены речной, соединяющей озера. Бугры отделены от реки и озера низменной доловой, заболоченной и прибрежной части. Ширина ее у реки 20—25 м, у озера Кислого 5—10 м. В 45—50 м южнее бугров проходит уступ II террасы. Бугры имеют прямоугольные, реже округлые очертания. Длина наиболее крупных бугров 6,4—7,7 м,



Фиг. 1. План мерзлотных бугров.

ширина 3—3,5 м. Высота колеблется от 0,3—0,4 м (XI—1946) до 0,6—0,62 м (15.IV—1947). На поверхности бугров летом наблюдаются небольшие округлые и линейные понижения, изображенные на фиг. 1. Бугры разделены бороздами, ширина которых в нижней части 0,2—0,3 м. Они ориентированы в двух основных направлениях: параллельно и нормально береговой линии реки. Такая ориентировка наблюдалась А. И. Гусевым для тетрагональных груп-

гов (5). Поверхность бугров и стенки борозд задерисаны. Между крупными буграми и уступом II террасы расположены мелкие эмбриональные бугры округлые в плане с поперечником 0,7—1 м при высоте 0,25—0,3 м. В центральной части участка, занятого буграми, находится блюдцеобразное понижение, заполняемое весной талыми водами.

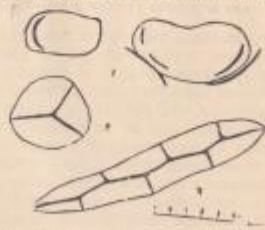
Описанные бугры не являются единственными в данном районе. Здесь охарактеризована наиболее типичная их группа с эмбриональными формами. Подобные явления наблюдаются на той же террасе по берегу озера Оброного, между озерами Милкуевским и Сысково и севернее оз. Кислое.

Наблюдения над буграми производились в мае—июне 1943 г. и в последующие годы. В 1946 г. произведена детальная съемка участка. Сопоставление наблюдений 1943 и 1946 годов показывает, что площадь, занятая буграми, увеличилась. Появилась группа бугров в изгибе речки. Таким образом, процесс бугрообразования продолжается. Одновременно с возникновением новых бугров происходит разрушение крупных бугров путем дробления.

В мае 1943 г. в одном из бугров на глубине 0,30 м бурением была установлена линза льда мощностью 0,20 м. Этот лед в июне того же года уже отсутствовал, а на поверхности бугра наблюдалась небольшая термокарстовая западинка.

Раскопка, произведенная 11/XI—1946 г., показала, что бугры промерзли на 0,27 м. Ниже мерзлого слоя суглинки были сильно увлажнены. Глубина промерзания мелких бугров составляла 0,26 м. В мерзлом слое имелись прожилки льда мощностью до 5 мм и пустотки, заполненные кристаллами льда. Глубина промерзания в бороздах была всего 5 см. При раскопке одного из бугров 3/XII 1946 г. оказалось, что глубина промерзания достигает уже 0,4 м.

Наблюдения над буграми 15/IV—1947 г. показали следующее увеличение бугров над прибрежной полоской составляет 1 м, вы-

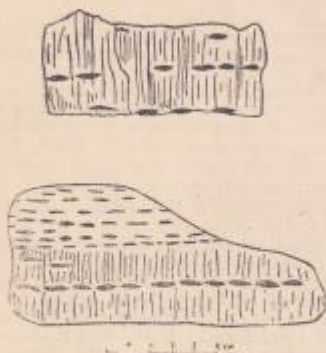


Фиг. 2. Морозобойные трещины: 1. На буграх. 2. В блюдцеобразном понижении. 3. На валках на I террасе р. Силва.

сота бугров 0,6—0,62 м. Глубина оттаивания абнлиз речки 0,06 м, а на буграх от 0,18 до 0,25 м. Бугры, расположенные в централь-

вой части, оттаяли на большую глубину, медные бугры оттаяли до основания. Некоторые бугры разбиты трещинами, проходящими параллельно бороздам (фиг. 2). Трещины имеются и в бороздах. Длина их 1,5—2 м, глубина 17 см на буграх и 9 см в бороздах, ширина 9 см. При раскопке бугров или при оттаивании края трещины на глубине 0,38—0,48 м обнаружены ледяные линзы мощностью 4—6 см. Лед имеет шестоватое строение. В нем встречаются ледяные прожилки глины мощностью 5 мм и 1 см длины (фиг. 3).

Летом 1947 г. высота бугров уменьшилась и на поверхности появились термокарстовые западины.



Фиг. 3. Строение льда на буграх (верхие линзы—султанки).

23/XI—1947 г. отмечено увеличение высоты бугров по сравнению с летним временем и появление на их поверхности вздутой меньшей размер (второго порядка), а также небольших трещин, по которым произошло незначительное поднятие центральных частей бугров. Наблюдения над буграми в течение восьми лет дают следующую картину изменения их по временам года.

С установлением низких температур высота бугров увеличивается. В начале зимы поверхность бугров обычно свободна от снега, так как незначительное количество выпавшего снега свисает в борозды. Она приобретает микробугристый рельеф, и овертюрная бугров вырисовывается рельефнее. В то же время возникают мелкие бугорки в излучине речки и между буграми и уступом II террасы.

Увеличение вертикальных размеров бугров и появление мелких бугорков вызвано увеличением объема грунта при промерзании

за счет образования кристаллов и льда в почве. Дальнейшее понижение способствует росту льда и в конце зимы они становятся наибольшими. Бугры разбиваются морозобойными трещинами.

Весной мерзлой слой в бугре начинает оттаивать, ледяные линзы уменьшаются, а затем исчезают. Как следствие этого, на буграх появляются термокарстовые западины. Стенки трещин обрушиваются и они превращаются в дополнительные борозды. Высота бугров уменьшается. Медные бугры оттаивают до основания, а некоторые из них исчезают.

II.

В районе вечной мерзлоты формы, подобные описанным, именуются буграми-могильниками, а группы их могильниковыми (или бугристыми) маршами (10,21). В литературе по мерзлотоведению указывается, что происхождение бугров-могильников окончательно не выяснено (10), причем приводится до семи предположений о их происхождении (21). Авторы считают, что мерзлотные бугры в данном районе образовались аналогично дорожным пучинам.

Вспучивание грунтов ряд исследователей объясняют перемещением воды в сыпучих грунтах из талого горизонта в мерзлый, где она превращается в кристаллы льда, ледяные линзы, вследствие чего объем грунта увеличивается (22). При возникновении пучин значительную роль играют климатические факторы, характер грунтов и гидрогеологические условия местонахождения пучин. Из элементов климата важную роль играют морозные зимы и наличие периодов длительной разморозки. В гидрогеологическом отношении пучины связаны с высоким уровнем грунтовых вод относительно дневной поверхности, наличием застоя или подтока этих вод к месту пучин (8).

На территории с. Усть-Кишерть наблюдается грунтовый поток, который направлен к р. Сылве и к ее притоку р. Кишерть. Грунтовый поток приурочен к песчано-галечным отложениям, лежащим в основании II и I террас. Глубина грунтовых вод на II террасе 8—10 м, на I—2,6—6,3 м.

Бурение у подошвы II террасы вблизи оз. Кислого показало, что воды грунтового потока питают озеро.

В районе развития мерзлотных бугров водоупорный горизонт находится на небольшой глубине и воды грунтового потока II террасы питают покровные султанки I террасы. Это вызывает забалачивание в овраженных местах.

Процесс бугрообразования может происходить при среднегодовой температуре, близкой к отрицательной. Поэтому данные о среднегодовых температурах и наиболее низких зимних температурах представляют существенный интерес. Непосредственно для с. Усть-Кишерть нет метеорологических наблюдений, поэтому воспользуемся данными для г. Кузгуга, расположенного в 20 км на с.-з. от интересующих нас бугров. Для г. Кузгуга, по данным

М. В. Довского, за 20 лет (1925—1944) средние годовая температура составляет +1,7°. В отдельные годы она достигала —0,2, +0,9 (1942). Минимальные температуры воздуха за то же двадцатилетие —45,6° (1.1929), —39,9° (1.1941), —40,9° (1.1943).

Наблюдения над температурой почвы и заледенки «Предуралья» (3, 4, 16), находящиеся в 7 км от бугров, в 1944—1946 гг. показали, что минимальная температура на поверхности почвы была —42,5° (31.1—1945). На глубине 10 см промерзание начинается на четвертый день после установления среднесуточных отрицательных температур на поверхности почвы. Минимальные годовые температуры на этой глубине —11,8 (11.XII) и —10,1° (30.1) наблюдались в дни минимальных средних температур у поверхности почвы (—25,1° и —33,2°).

На глубине 20 см отрицательные температуры начались на девятый день после установления отрицательных температур на поверхности почвы. Минимальные температуры были в те же дни, что и на глубине 10 см и составили соответственно —5,6° и —8,7°.

На карте глубин зимнего промерзания почвы под естественной поверхностью, составленной научными сотрудниками Института мерзлотоведения, Кинешертский район находится в V зоне, характеризующейся глубиной промерзания от 1,0 до 1,25 м (9). В районе имеются известная Кунгурская и ряд других ледяных пещер (14, 15).

В нормальных условиях летом грунтовый поток, направленный к основанию II террасы, питает покровные суглинки в районе развития бугров. Далее подземные воды поступают в небольшую речку, ограничивающую участок с севера. С установлением низких температур промерзание почвы в первую очередь проявляется на пониженных участках вблизи речки. Это вызывает уменьшение, а затем полное прекращение фильтрации воды в речку. Создается подпор грунтового потока и искривление зеркала грунтовых вод (2, 11, 12).

Вода по капиллярам перемещается в верхние горизонты, где образуются вначале кристаллы, а затем ледяные тела. Объем грунта увеличивается, появляется система морозобойных трещин, разбивающих поверхность террасы на отдельные бугорки. При оттаивании высота бугорков уменьшается, но трещины сохраняются, превращаясь в борозды. Последующие замерзания вызывают рост бугров только в высоту.

Опыты П. Н. Калтерев показали (7), что прирост объема при замерзании воды в конкретных ледяных телах распределяется обычно неравномерно. Во всех многочисленных опытах замораживания воды в сосудах, горизонтальные размеры которых значительно превосходят вертикальные, растрескивание и вспучивание происходят всегда в вертикальных направлениях, в горизонтальном же направлении размеры оставались без изменений или происходило даже втягивание, сжатие.

Сохранение мерзлотных бугров в летнее время связано с рядом

причин. Бугры ограничиваются трещинами, что фиксирует их достаточно отчетливо. Кроме того, надо предполагать, что вместе с грунтовой водой при вертикальном ее перемещении поступают в алевроитовые частицы, приносимые грунтовым потоком в пустоты, освободившиеся от льда. Значительную роль играет перемещение суглинков в вертикальном направлении при замерзании. Морозобойные трещины наблюдались не только на буграх. К северу от р. Рубовки по поверхности вала проходит продольная трещина длиной 10 м. От нее отходят дополнительные поперечные, разбивая вал на бугорки (фиг. 2). В излучине протока у с. Каравашек они расположены в овальном плоском понижении радиально (фиг. 2).

На возможность образования наледей при отсутствии вечной мерзлоты в местах с суровым климатом, с глубоким промерзанием почвы, при наличии неглубокого залегания водонепроницаемых слоев указывал М. И. Суэтин (20). Как уже указывалось, он приводит случай образования наледи в г. Свердловске.

Данные по дорожным пучинам показывают, что южная граница их распространения совпадает с южной границей мерзлоты. Пучины встречаются в СССР в областях, где глубина промерзания почвы превышает 1 м.

В 1951 г. мерзлотные бугры, подобные описанным, установлены в районе г. Малогова по р. В. Муллинке у д. Фролы и по р. Н. Муллинке вблизи с. Кудтаева.

Кафедра доломической геологии и гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боч С. Г. Гидроаккумуляты в торфяные бугры на Урале. *Мат. по географии Урала*, в. 1, 246—248, 1948.
2. Гладыш И. И. и Дзене-Литовский А. И. Мерзлотные «скалы» и гидроаккумуляты района Дороницкого Сидового озера. *Изв. гос. геол. о-ва*, т. 68, в. 4, 1936.
3. Голубева Л. В. Геоморфология заледенки «Предуралья». *Изв. геол. ин-та МГУ*, т. 12, в. 7, 1948.
4. Голубева Л. В. Карсто-спелеологическая станция заледенки «Предуралья». *Природа* № 7, стр. 87—88, 1949.
5. Гусев А. И. Устратовальные грунты в арктической тундре. *Изв. гос. геол. о-ва*, т. 70, в. 3, 377—385, 1938.
6. Дранишник Д. А. О некоторых аномальных формах рельефа Крайнего Севера. *Почвоведение*, № 14, 1944.
7. Калтерев П. Н. Неравномерное распределение прироста объема воды при замерзании. *ДАН СССР*, т. 58, № 2, 225—228, 1947.
8. Качурин С. П. Опыт исследования трещиновых участков дорог в связи с рельефом местности. *Исследование пути на автомобильных дорогах*. Тр. ДОРНИИ, в. 2, 122—158, 1941.
9. Колосков П. И. Глубина зимнего промерзания почвы в европейской части СССР и в Казахстане. *Мерзлотоведение*, т. 1, в. 1, 36—42, 1947.
10. Кузнец Л. С. Наблюдения над морозильниками. Сб. инструкций и программных указаний по изучению мерзлых грунтов и вечной мерзлоты, 120—128, 1938.
11. Додиров Н. Ф. и Толстопятов Н. И. Гидроаккумуляты. *Холм-Булак*. Изв. Гос. геол. о-ва, т. 71, № 9, 1295—1311, 1939.