

УДК 621.6.07 (571.6)

А.Н. МАХИНОВ, М.Н. ШЕВЦОВ, В.И. КИМ, А.Ф. МАХИНОВА

**МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИИ  
СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИХ ГРУНТОВ  
ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ  
ПОД СООРУЖЕНИЯ НЕФТЕПРОВОДОВ  
В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Приведены количественные данные о деформациях поверхности грунтов под влиянием процессов мерзлотного пучения на экспериментальных площадках, расположенных на различных элементах рельефа по трассе строительства и дальнейшей эксплуатации магистрального нефтепровода. Выявлено, что суровые климатические условия региона обуславливают глубокое промерзание грунтов в зимние сезоны года. Установлено, что наиболее интенсивное изменение высотных отметок поверхности происходит в переувлажненных поймах рек и широких днищах долин водотоков, а наименьшее на сухих склонах и высоких приводораздельных плоских участках. Деформация поверхности грунтов наиболее активно проявляется на нарушенных земляными работами территориях по сравнению с естественными участками.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** магистральные трубопроводы, мерзлотное пучение, глубина промерзания, грунты, пойма, склон, днище долины.

DOI 10.32683/0536-1052-2021-747-3-

**Введение.** Практически все виды строительства на территории распространения мощной сезонной мерзлоты невозможны без учета мерзлого состояния горных пород и мерзлотных геологических процессов и явлений [1]. Строительство магистральных нефтепроводов предполагает выполнение комплекса работ, в том числе устройство оснований и фундаментов, укладку труб ниже зоны промерзания, строительство перекачивающих станций, линий связи и других сооружений, под которые требуются основания и фундаменты. Оттаивание и промерзание грунта, как правило, происходит ежегодно в слое сезонного оттаивания или промерзания (деятельном слое), достигающем толщины нескольких метров, находящемся в верхней зоне основания над толщей вечномерзлых грунтов. Проектирование оснований и фундаментов, устраиваемых в этих районах, является очень сложной задачей, правильное решение которой возможно только с учетом процессов, происходящих в деятельном слое при его замерзании и оттаивании и слое вечномерзлого грунта. Недостаточный учет этих процессов и характера их протекания часто приводит к недопустимым деформациям зданий и сооружений, а в некоторых случаях служит причиной их полного разрушения [2].

В южных районах Дальнего Востока в настоящее время ведется активное строительство различных народнохозяйственных объектов. Прокладыва-

© Махинов А.Н., Шевцов М.Н., Ким В.И., Махинова А.Ф., 2021

ваются нефте- и газопроводы, осваиваются новые месторождения полезных ископаемых, возводятся временные и постоянные населенные пункты, строятся дороги. Однако климатические особенности холодного периода года в этом регионе обуславливают глубокое промерзание грунтов, вызывающее мерзлотные деформации земной поверхности и зданий, разрывы кабелей, разрушение мостов, насыпей, трубопроводов и другие негативные последствия.

Имеющиеся нормативы не учитывают местные особенности состояния грунтов при их сезонном промерзании прежде всего в силу слабой изученности процессов промерзания. Поэтому региональные исследования морозного пучения грунтов имеют большое значение при проектировании и строительстве с целью повышения устойчивости различных конструкций и сооружений: фундаментов зданий, земляного полотна дорог, линейной инфраструктуры территории и пр. [3, 4 и др.].

Цель работы – оценить величину деформации поверхности грунтов в результате их промерзания на основе инструментальных измерений на площадках, включающих естественные и нарушенные участки. Измерения проводились на различных элементах рельефа, с которыми тесно связаны физические свойства грунтов. В качестве нарушенных грунтов рассматривались участки проложения нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан.

**Объекты и методы.** К основным природным особенностям северных и приравненных к ним районов нашей страны следует отнести чрезмерно многообразные литологические и температурные характеристики грунтов, неблагоприятный в строительном отношении характер грунтов деятельного слоя (преобладание пылеватых супесей и суглинков с малой несущей способностью при оттаивании), а также широкое распространение процессов морозного пучения грунтов.

В дальневосточном регионе в первую очередь осваиваются равнинные территории и речные долины в горных районах. При этом такие участки нередко характеризуются значительной пестротой литологического состава грунтов и повышенной обводненностью, что создает их пространственную неоднородность даже на небольшой площади.

В Хабаровском крае многолетняя мерзлота распространена преимущественно в его северной части и распространяется на юг по вершинам гор. В пределах равнин южной части территории края многолетнемерзлые породы отсутствуют. Однако грунты в зоне сезонного промерзания, а также на поверхности в естественных обрывах, открытых траншеях, котлованах подвержены глубокому промерзанию и воздействию сил морозного пучения.

Особенности процессов промерзания грунтов региона изучались многими исследователями южной части Дальнего Востока, особенно детально во второй половине прошлого века. Среди них следует отметить работы [5–11 и др.]. Установлены сроки, скорость и глубина промерзания в различных условиях, а также выявлены основные факторы, влияющие на указанные характеристики. Деформационные особенности поверхности грунтов рассматриваемой территории остаются практически неизученными. Именно в этом заключается актуальность проблемы, поэтому в районах нового освоения при проектировании и строительстве таких больших комплексов, как

Таблица 1. Участки мониторинга морозного пучения грунтов по трассе нефтепровода ВСТО-П, проходящей по территории Хабаровского края

Номер участка	Начало участка, км	Конец участка, км	Протяженность участка, м
1	4094,1	4094,4	337,0
2	4100,3	4100,5	199,7
3	4110,0	4110,2	240,3
4	4112,6	4112,9	302,7
5	4131,4	4131,6	139,6
6	4139,8	4140,5	628,4
7	4141,0	4141,6	587,5
Итого			2435,2

системы нефтепроводов, следует учитывать региональные особенности мерзлотных явлений.

Грунты, распространенные в пределах рассматриваемой территории, очень разнообразны и изменяются на разных участках от практически непучинистых до сильно пучинистых [4]. Во время сезонного промерзания пучинистые грунты существенно увеличиваются в объеме, что сопровождается подъемом поверхности и развитием сил морозного пучения. При последующем оттаивании происходит осадка грунта и понижение поверхности.

Под морозным (мерзлотным, криогенным) пучением обычно понимается внутриобъемное деформирование почвогрунтов, приводящее к увеличению их объема при промерзании. Оно происходит вследствие разуплотнения минеральной составляющей при образовании различных ледяных включений в грунтах. Внешним проявлением морозного пучения, характеризующим величину его линейной деформации, служат местные, как правило, неравномерные поднятия поверхности слоя промерзающего грунта, сменяющиеся его осадкой при оттаивании<sup>1</sup>.

Исследуемые участки расположены в южной части Хабаровского края на территории Вяземского и Бикинского районов. Объектами наблюдений являются пучиноопасные поверхности на различных элементах рельефа с характерными для них литологическим составом и влажностью грунтами. Площадки располагались на насыпи нефтепровода, захватывая ненарушенные работами грунты. На выбранных площадках производилось описание особенностей рельефа, состава грунтов, растительного покрова. Участки мониторинга морозного пучения грунтов приведены в табл. 1.

Деформации поверхности грунтов при морозном пучении определялись посредством инструментальных наблюдений за положением глубинных реперов (марок), заложенных в предзимний период. Установка реперов производилась 15–18 ноября 2011 г. на всех семи площадках. Репера в количестве 12–18 размещались на расстоянии 3–4 м друг от друга по пересекающимся под прямым углом линиям (рис. 1).

<sup>1</sup> Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов. М.: Стройиздат, 1986.

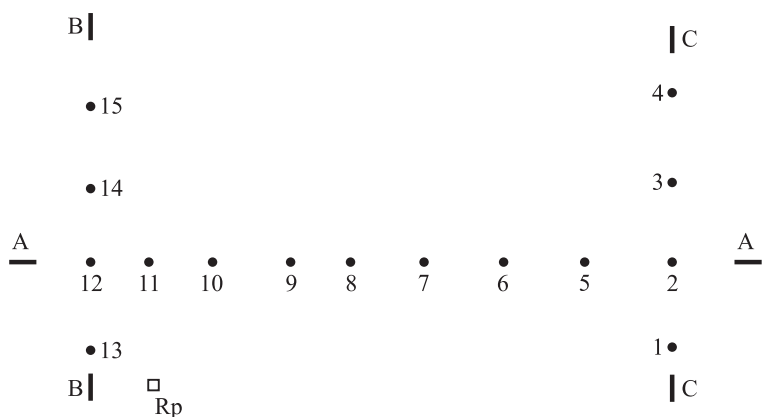


Рис. 1. Расположение реперов на одной из площадок по линиям А, В, С

Площадки располагались на различных элементах рельефа – поймах рек, днищах малых речных долин, пологих склонах и на выположенных участках приводораздельных пространств в пределах слабо расчлененной аккумулятивной равнины.

Рыхлые отложения также были представлены разнообразными по гранулометрическому составу осадками. Среди них преобладали суглинисто-щебнистые толщи склоновых отложений и суглинисто-песчаные аллювиальные отложения днищ речных долин.

В период проведения работ по установке реперов утренняя температура воздуха ежедневно опускалась до  $-21^{\circ}\text{C}$ , а днем она поднималась до  $-7-9^{\circ}\text{C}$ . Однако до 13 ноября погода в южных районах края была теплой с положительными дневными температурами (рис. 2). Поэтому к 15 ноября грунты

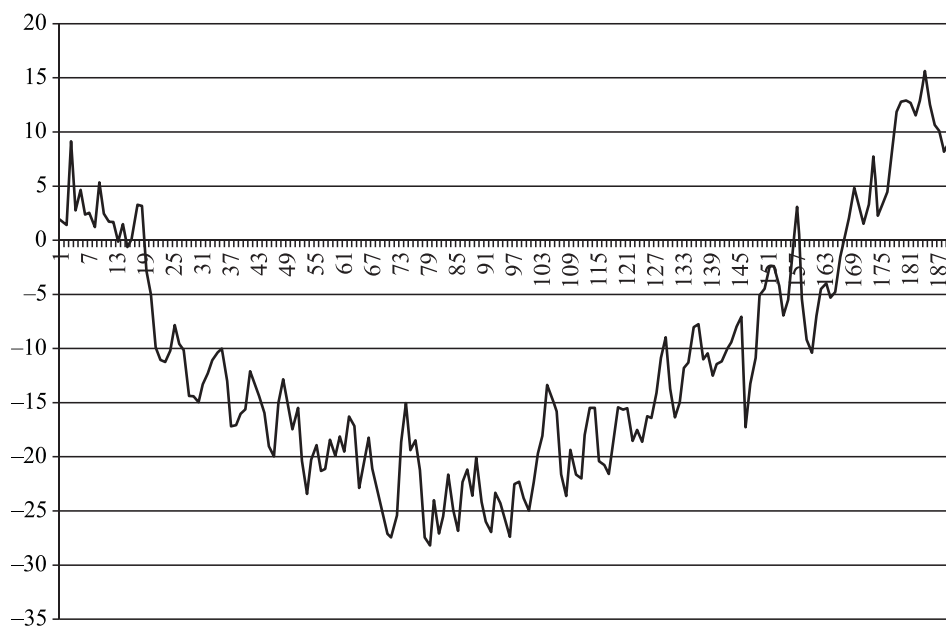


Рис. 2. Среднесуточная температура воздуха по ст. г. Хабаровск с 21.10.2011 г. по 30.04.2012 г.

промерзли всего на 5–10 см в зависимости от их состава и положения площадки на элементах рельефа.

На каждой из площадок по оси и поперек насыпи нефтепровода в грунт на некотором расстоянии друг от друга (1,5–3,5 м) вбивались металлические стержни длиной 75 см. Верхний конец их находился на уровне поверхности грунта. В некоторых случаях стержни заглублялись так, чтобы над поверхностью земли оставалось не более 2 см. Общее количество стержней составляло 14–15 на каждой площадке. В поперечном сечении насыпи устанавливалось 5–6 стержней. При этом крайние точки стержней в поперечном сечении располагались не на рыхлых отложениях насыпи над трубой нефтепровода, а на поверхности естественного ненарушенного грунта по обе стороны от насыпи.

После установки стержней проводилась их нивелировка. Зимой (в начале марта) и в начале весны (апрель) после схода снежного покрова проводилась повторная нивелировка по тем же точкам. Зимние работы на всех площадках проводились в период с 5 по 7 марта 2012 г. Температура воздуха утром составляла –22–23 °С, а днем поднималась до –15–16 °С. Толщина снежного покрова на всех площадках составляла от 15 до 25 см. Повторная нивелировка, привязанная к основанию заглубленных столбов, позволила оценить величину деформации поверхности грунтов в процессе их промерзания за период времени с ноября по март.

Весной наблюдения на площадках проводились в период с 16 по 18 апреля 2012 г. Температура воздуха днем составляла 7–8 °С, а утром опускалась до –7 °С. Снежный покров полностью сошел, верхняя часть грунта толщиной в разных местах от 3 до 10 см находилась в талом состоянии. Температурный режим зимнего периода во время проведения наблюдений соответствовал средним многолетним значениям. Это же относится к толщине снежного покрова как на открытых участках, так и в залесенной местности.

**Природные условия территории.** В геоморфологическом отношении территория исследований расположена в северо-восточной части Средне-амурской низменности и на западных склонах отрогов северного Сихотэ-Алиня. Рельеф представлен сочетанием низкогорных участков с холмистыми пологосклонными грядами и плоскими заболоченными днищами речных долин. Умеренно континентальный климат с отчетливо выраженными муссонными чертами определяет специфический температурный режим с характерными для него холодной сухой зимой и жарким влажным летом [12, 13].

Средняя многолетняя годовая температура воздуха по метеостанции Хабаровск составляет 1,6 °С. Средняя температура самого холодного месяца января –21,6 °С, при предельных колебаниях от –16,4 до –28,6 °С, а самого теплого – июля 21,1 °С при максимальных изменениях от 18,0 до 23,7 °С. Абсолютный минимум температуры, зарегистрированной за весь период наблюдений, составляет –48 °С, а абсолютный максимум 37 °С. Таким образом, максимальная амплитуда колебаний температуры воздуха достигает 85 °С.

Зимой очень холодный воздух скапливается в понижениях рельефа и горных долинах, обуславливая более низкие температуры в их пределах по

Т а б л и ц а 2. Глубина промерзания грунтов в естественных условиях в южной части Дальнего Востока

Пункт	По изотерме 0°	По изотерме –1 °С	Сумма отрицательных температур, °С
Хабаровск	208	185	74,6
Вяземский	194	173	75,4
Бикин	180	168	73,8

сравнению со склонами гор. Малое количество снега в зимний период и сильные продолжительные морозы являются основной причиной глубокого промерзания грунтов, проникающего в отдельные годы до глубины 2,5 м.

Максимальная глубина промерзания грунтов зависит от литологических, климатических факторов и водно-физических свойств грунтов конкретной территории. За нормативную глубину сезонного промерзания грунта обычно принимается средняя из десятилетних наблюдений ежегодных максимальных глубин сезонного промерзания грунта на открытой, очищенной от снега горизонтальной площадке при уровне подземных вод, расположенном ниже глубины сезонного промерзания грунта.

Глубина промерзания грунтов рассчитывается обычно по глубине проникновения в грунт температуры 0 °С [14]. При данной температуре замерзают влажные и водонасыщенные крупнообломочные и песчаные грунты до твердомерзлого состояния (табл. 2).

Для территории юга Дальнего Востока карта глубин промерзания грунтов при температуре нижней границы –1 °С была составлена А.В. Стоценко и дополнена в ДальНИИС (рис. 3).

Начало оттаивания почв примерно совпадает во времени со сходом снежного покрова и переходом средней температуры воздуха через 0 °С. Скорость оттаивания находится в обратной зависимости со скоростью промерзания, так как более сухие и легкие по механическому составу почвы оттаивают быстрее, чем влажные и тяжелые.

По данным стационарных исследований на Бирской сельскохозяйственной опытной станции, расположенной на Среднеамурской низменности в сходных условиях с южными районами Хабаровского края [16], было установлено, что глубина промерзания составляла 1,5–2,0 м в суглинистых почвах. Даже в самые суровые зимы она не опускалась ниже 3,0 м. При этом проявляется четко выраженная закономерность, заключающаяся в том, что промерзание почв с осени происходит существенно быстрее, чем их оттаивание весной. Суточные колебания температур прекращаются на глубине 2–3 м, а годовые колебания – на глубине 7–8 м.

Отмечено также, что промерзание грунтов начинается раньше в долинах рек, понижениях рельефа и у подножий протяженных склонов, а затем в их средних и верхних частях. Соответственно и оттаивание почв быстрее происходит в верхних частях склонов и медленнее в нижних и в долинах, что объясняется не столько различиями в литологическом составе рыхлых отложений, сколько явлением ландшафтной инверсии [17].

**Результаты и обсуждения.** *Ровные поверхности.* В пределах древней аккумулятивной равнины наблюдения проводились на трех площадках, расположенных на широких плоских приводораздельных пространствах.



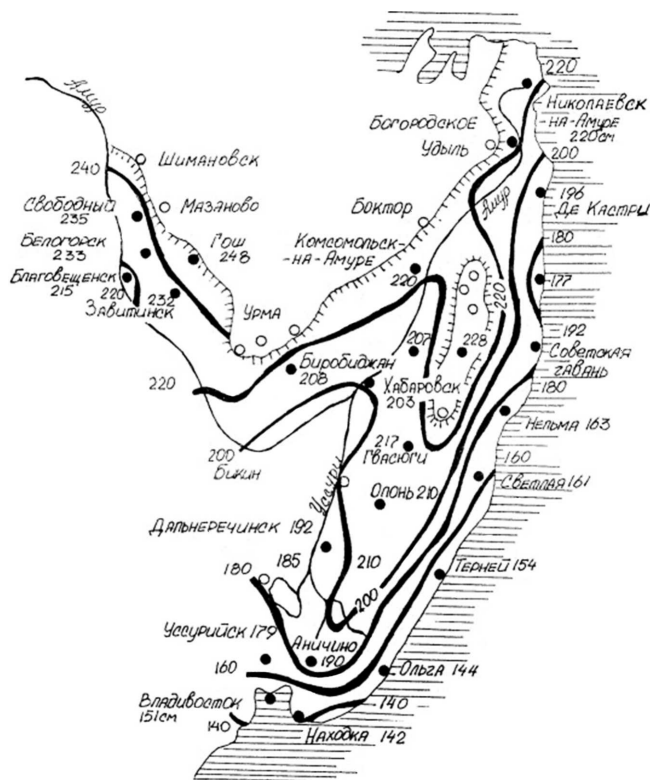


Рис. 3. Схематическая карта глубин промерзания грунтов (см) в южной части Дальнего Востока по изотерме нижней границы  $-1^{\circ}\text{C}$  [15].

ш – южная граница островной мерзлоты

Поверхность площадок ровная, имеются плавные едва заметные повышения и понижения амплитудой высот не более 0,5 м. Грунты представлены однородными плотными слабоопесчаненными суглинками светло-коричневого цвета значительной мощности. В течение всего теплого времени года они остаются слабо увлажненными, но при уплотнении тяжелой техникой плохо пропускают воду. Уровень грунтовых вод находится на глубине более 1,5 м.

Данные повторного нивелирования за ноябрь–апрель по площадке 1 показали, что на естественном участке профиля произошло повышение поверхности на 5–11 мм, в то время как на нарушенном участке отмечался обратный процесс – снижение поверхности на 12–19 мм. Для площадки 2 наблюдалось понижение поверхности от 27 до 41 мм на нарушенной работами поверхности и незначительное на естественном участке. На площадке 3, расположенной только в пределах нарушенных грунтов, снижение поверхности составило от 20 до 44 мм.

*Склоны долин.* На пологом залесенном склоне крутизной  $4-6^{\circ}$  долины небольшого водотока площадка расположена в средней его части. Грунты представлены типичными рыхлыми отложениями дефлюкционных склонов (склонов массового смещения материала). Верхние горизонты мощностью 15–20 см состоят из суглинистого материала с включением незначительного количества песчаных фракций. Ниже залегает щебнисто-суглинистый гори-

зонт с дресвой и небольшим количеством мелких глыб и щебня. Влажность грунтов в целом незначительна. Уровень грунтовых вод находится на глубине более 1,5 м.

Повторное нивелирование реперов показало, что на естественном участке происходило понижение поверхности на величину от 1 до 8 мм. На нарушенном участке изменение было разнонаправленным – на лишенном верхнего почвенного горизонта грунте отмечалось повышение поверхности на величину 1–5 мм, на насыпи над трубой нефтепровода – снижение поверхности составило 1–13 мм.

*Поймы рек.* На поймах рек вблизи речных русел были заложены две площадки на ровной поверхности, занятой влажными высокотравными лугами. Местами в слабо выраженных понижениях отмечаются признаки заболаченности, подчеркнутые растительностью – осоковыми кочкарниками. Непосредственно вблизи русла протягиваются узкой полосой небольшие повышения, занятые дубово-березовым лесом. Грунты представлены однородными легкими опесчаненными суглинками сизо-серого цвета, плотными и увлажненными. Грунтовые воды залегают близко к поверхности. По классификации рыхлые отложения относятся к среднепучинистым грунтам.

На нарушенном участке одной площадки наблюдалось повышение поверхности в пределах 11–32 мм, вызванное морозной деформацией грунтов. На второй более низко расположенной пойме и вследствие этого более обводненной площадке повышение поверхности на нарушенной земляными работами поверхности составило от 1 до 18 мм, в то время как на естественной поверхности оно было существенно интенсивнее – от 22 до 37 мм.

*Днища долин малых горных водотоков.* В широком понижении днища временного водотока участок наблюдений расположен на ровной поверхности, занятой осоково-вейниковыми растительными ассоциациями. Грунты на значительную глубину от поверхности представлены однородными вязкими глинисто-суглинистыми отложениями без включений грубообломочного материала. Они сильно увлажнены в течение всего года, в отдельных понижениях застаивается вода. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 10–20 см от земной поверхности.

Наибольшая часть реперов была заложена на естественной поверхности. Деформация грунтов при морозном воздействии на этом участке выражалась в повышении поверхности на 25–28 мм. На насыпи над трубой нефтепровода по всему профилю отмечалось повышение поверхности на 21–38 мм.

Обобщенные данные результатов проведенных измерений на всех площадках приведены в табл. 3.

Влияние литологического состава рыхлых отложений проявляется в том, что существенно глинистые и увлажненные грунты испытывают значительную деформацию поверхности за зимний период положительного знака, а более песчаные и суглинисто-щебнистые – преимущественно отрицательного знака или имеют небольшую положительную величину. В геоморфологическом отношении первые приурочены к поймам и заболоченным в различной степени днищам долин водотоков, а вторые – к пологим склонам и выровненным приводораздельным поверхностям.



**Таблица 3. Средние значения (мм) повышения (+) и понижения (–) поверхности грунтов в результате морозного пучения на различных элементах рельефа**

Рельеф	Характеристика грунтов	Естественный участок	Нарушенный участок
Плоская аллювиально-озерная равнина	Однородные плотные суглинистые отложения значительной мощности слабо увлажненные	+ 8,0 – 2,7 –	– 15,3 – 30,8 – 29,0
Средняя часть пологого склона долины	Легкий суглинок с незначительной примесью мелкого песка, ниже – щебнисто-суглинистый горизонт, слабо увлажненный	– 3,3	– 4,8
Пойма реки	Легкие опесчаненные суглинки рыжего цвета, плотные, увлажненные без включений крупных частиц	– + 19,5	+ 21,5 + 12,1
Широкое днище долины	Однородные вязкие глинисто-суглинистые отложения без включений, сильно увлажненные	+ 26,4	+ 28,8

Максимальные величины деформаций поверхности грунтов положительного знака вследствие увеличения их объема при замерзании проявляются в днищах речных долин и пойм водотоков. На плоских приводораздельных пространствах и на протяженных пологих склонах при промерзании грунтов величины деформаций имеют близкие значения отрицательного знака, что может быть связано с небольшой влажностью и более крупнозернистым составом грунтов.

Грунты, подверженные механическому нарушению в результате хозяйственной деятельности и обладающие вследствие этого рыхлым сложением (насыпь над заложённой в траншею трубой нефтепровода), характеризуются более интенсивными деформациями по сравнению с естественными грунтами. При промерзании слабо увлажнённых грунтов на ровных участках и склонах наблюдается снижение земной поверхности до 30,8 мм. На более увлажнённых грунтах в широких днищах и на поймах речных долин происходит ее повышение на величину до 28,8 мм.

**Заключение.** Результаты проведенных исследований промерзания грунтов в зимний период на основе данных повторных нивелировок свидетельствуют о том, что процессы деформаций земной поверхности при мерзлотном пучении грунтов происходят разнонаправленно на площадках, расположенных в различных геоморфологических условиях и характеризующихся неодинаковым литологическим составом и увлажненностью рыхлых отложений. На участках с естественным слабовлажным грунтом преимущественно суглинисто-щебнистого состава величины колебаний высоты поверхности в результате промерзания незначительны. Более подвержены деформациям нарушенные хозяйственной деятельностью грунты (насыпи), а также суглинистые и глинистые грунты с высокой увлажненностью на участках, расположенных в днищах широких и заболоченных речных долин.

Морозное пучение верхних горизонтов грунтов приводит к образованию трещин вдоль обрывистых берегов рек, карьеров, на дорожных покрытиях и насыпях, а также может быть опасным для зданий и сооружений, фунда-

ментов опор нефтепровода, что требует дальнейших углубленных исследований активности этих процессов в зависимости от местных климатических условий, характеризующихся большим разнообразием на территории южных районов Дальнего Востока России.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Илларионов В.А.* Инженерное мерзлотоведение. Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, 2014. 104 с.
2. *Берлинов М.В.* Основания и фундаменты. СПб.: Изд-во «Лань», 2011. 320 с.
3. *Киселев М.Ф.* Предупреждение деформации грунтов от морозного пучения. Л.: Стройиздат, 1985. 133 с.
4. *Собин Г.П.* Особенности водно-теплового режима и причины пучинных деформаций на дорогах Приамурья // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1975. Сб. 15. С. 278–292.
5. *Сверлова Л.И.* Зимние периоды и сезонное промерзание грунтов в долинной части Комсомольского и Амурского районов // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Сб. 8. Климат и воды. Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1967. С. 129–136.
6. *Сверлова Л.И.* О режиме промерзания грунтов в районе Хабаровска // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Сб. 8. Климат и воды. Хабаровск: Кн. изд-во, 1967а. С. 110–128.
7. *Сверлова Л.И.* О расчете хода оттаивания грунтов в южной части Хабаровского края // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1975. Сб. 15. С. 345–349.
8. *Попов О.С.* Режим промерзания и оттаивания болотных почв Приамурья // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1971. Сб. 9. С. 199–212.
9. *Примаков В.А.* Динамика температуры и влаги в почво-грунтах Аванской системы двустороннего регулирования водного режима // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1973. Сб. 13. С. 164–168.
10. *Деев А.Я.* Теплообеспеченность почв склонов в южной части Приамурья // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1971. Сб. 9. С. 159–173.
11. *Чехонина Т.Н.* Глубина сезонного промерзания грунтов Приамурья // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Кн. изд-во, 1973. Сб. 13. С. 191–200.
12. *Петров Е.С.* Климатическое районирование Хабаровского края // *Вопр. географии Дальнего Востока.* Хабаровск: Дальневост. гос. изд-во, 1973. Сб. 12. С. 70–92.
13. *Петров Е.С., Новороцкий П.В., Ленишин В.Т.* Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 2000. 173 с.
14. *Горяинов Г.Ф.* О нормативной глубине промерзания грунтов на Дальнем Востоке // *Основания, фундаменты и механика грунтов.* 1973. № 5. С. 7–10.
15. *Стоценко А.В.* Сезонное промерзание грунтов Дальнего Востока вне области вечной мерзлоты. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 246 с.
16. *Иозефович Л.И.* Физические свойства и агро-генетическая классификация почв Биро-Биджанского района ДВК. Хабаровск: Дальгиз, 1931. 43 с.
17. *Махинов А.Н., Махинова А.Ф.* Инверсия ландшафтов Среднеамурской низменности и ее горного обрамления // *Мат-лы XIV Совещания географов Сибири и Дальнего Востока.* Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 214–217.

**Махинов Алексей Николаевич**, д-р геогр. наук; E-mail: amakhinov@mail.ru  
Институт водных и экологических проблем Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

**Шевцов Михаил Николаевич**, д-р техн. наук; E-mail: shevtsov@mail.khstu.ru  
Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

**Ким Владимир Ильич**, канд. геогр. Наук  
Институт водных и экологических проблем Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

**Махинова Александра Федоровна**, канд. геогр. наук  
Институт водных и экологических проблем Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Получено после доработки 18.02.2021

**Makhinov Alexey Nikolaevich**, DSc; E-mail: amakhinov@mail.ru  
Institute of Water and Environmental Problems Khabarovsk Federal Research Center FEB RAS, Russia

**Shevtsov Mikhail Nikolaevich**, DSc; E-mail: shevtsov@mail.khstu.ru  
Pacific National University, Khabarovsk, Russia

**Kim Vladimir Il'ich**, PhD  
Institute of Water and Environmental Problems Khabarovsk Federal Research Center FEB RAS, Russia

**Makhinova Aleksandra Fedorovna**, PhD  
Institute of Water and Environmental Problems Khabarovsk Federal Research Center FEB RAS, Russia

## **MONITORING OF THE DEFORMATION OF SEASONALLY FREEZING SOILS DURING THE CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS AND FOUNDATIONS FOR STRUCTURES IN THE SOUTHERN PART OF THE FAR EAST**

Quantitative data on the deformations of the soil surface under the influence of permafrost heaving processes at experimental sites located on various relief elements along the route of construction and further operation of the main oil pipeline are presented. It is revealed that the harsh climatic conditions of the region cause deep freezing of soils in the winter seasons of the year. It is established that the most intense change in the elevation of the surface occurs in the waterlogged floodplains of rivers and wide bottoms of the valleys of watercourses, and the least on dry slopes and high watershed flat areas. The deformation of the soil surface is most actively manifested in areas disturbed by earthworks in comparison with natural areas.

**Key words:** main pipelines, permafrost heaving, freezing depth, soils, floodplain, slope, valley bottom.

### REFERENCES

1. *Illarionov V.A.* Inzhenernoye merzlotovedeniye [Engineering permafrost studies]. Syktyvkar, Publishing house of Syktyvkar State University, 2014. 104 p. (in Russian)
2. *Berlinov M.V.* Osnovaniya i fundamenty [Bases and foundations]. Saint Petersburg, Publishing house «Lan», 2011. 320 p. (in Russian)
3. *Kiselev M.F.* Preduprezhdeniye deformatsii gruntov ot moroznogo pucheniya [Prevention of soil deformation from frost heaving]. Leningrad, Stroyizdat, 1985. 133 p. (in Russian)

4. *Sobin G.P.* Osobennosti vodno-teplovogo rezhima i prichiny puchinnykh deformatsiy na dorogakh Priamur'ya [Features of the water-thermal regime and the causes of deep deformations on the roads of the Amur region]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1975. Coll. 15. Pp. 278–292. (in Russian)
5. *Sverlova L.I.* Zimniye periody i sezonnoye promerzaniye gruntov v dolinnoy chaste Komsomol'skogo i Amurskogo rayonov [Winter periods and seasonal soil freezing in the valley part of the Komsomolsk and Amur regions]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Coll. 8. Climate and water. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1967. Pp. 129–136. (in Russian)
6. *Sverlova L.I.* O rezhime promerzaniya gruntov v rayone Khabarovska [About the regime of soil freezing in the Khabarovsk region]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Coll. 8. Climate and water. Khabarovsk, Book publishing house, 1967a. Pp. 110–128. (in Russian)
7. *Sverlova L.I.* O raschete khoda ottaivaniya gruntov v yuzhnoy chasti Khabarovskogo kraya [On the calculation of the course of soil thawing in the southern part of the Khabarovsk Territory]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1975. Coll. 15. Pp. 345–349. (in Russian)
8. *Popov O.S.* Rezhim promerzaniya i ottaivaniya bolotnykh pochv Priamur'ya [The regime of freezing and thawing of marsh soils of the Amur region]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1971. Coll. 9. Pp. 199–212. (in Russian)
9. *Primak V.A.* Dinamika temperatury i vlagi v pochvo-gruntakh Avanskoj sistemy dvustoronnego regulirovaniya vodnogo rezhima [Dynamics of temperature and moisture in soils of the Avan system of bilateral regulation of the water regime]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1973. Coll. 13. Pp. 164–168. (in Russian)
10. *Deev A.Ya.* Teploobespechennost' pochv sklonov v yuzhnoy chasti Priamur'ya [Heat supply of slope soils in the southern part of the Amur region]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1971. Coll. 9. Pp. 159–173. (in Russian)
11. *Chekhonina T.N.* Glubina sezonnogo promerzaniya gruntov Priamur'ya [The depth of seasonal freezing of soils of the Amur region]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Book Publishing house, 1973. Coll. 13. Pp. 191–200. (in Russian)
12. *Petrov E.S.* Klimaticheskoye rayonirovaniye Khabarovskogo kraya [Climatic zoning of the Khabarovsk Territory]. *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka* [Questions of the geography of the Far East]. Khabarovsk, Far Eastern State Publishing house, 1973. Coll. 12. Pp. 70–92. (in Russian)
13. *Petrov E.S., Novorotskiy P.V., Lenshin V.T.* Klimat Khabarovskogo kraya i Evreyskoj avtonomnoy oblasti [Climate of the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region]. Vladivostok, Khabarovsk, Dalnauka, 2000. 173 p. (in Russian)
14. *Goryainov G.F.* O normativnoy glubine promerzaniya gruntov na Dal'nem Vostoke [On the normative depth of soil freezing in the Far East]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Foundations, foundations and soil mechanics]. 1973. No. 5. Pp. 7–10. (in Russian)
15. *Stotsenko A.V.* Sezonnoye promerzaniye gruntov Dal'nego Vostoka vne oblasti vechnoy merzloty [Seasonal freezing of soils of the Far East outside the permafrost region]. Moscow, Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1952. 246 p. (in Russian)

16. *Iozefovich L.I.* Fizicheskiye svoystva i agro-geneticheskaya klassifikatsiya pochv Biro-Bidzhanskogo rayona DVK [Physical properties and agrogenetic classification of soils of the Biro-Bijan district of the DVK]. Khabarovsk, Dalgiz, 1931. 43 p. (in Russian)
  17. *Makhinov A.N., Makhinova A.F.* Inversiya landshaftov Sredneamurskoy nizmennosti i eye gornogo obramleniya [Inversion of landscapes of the Middle Amur lowland and its mountain framing]. Materialy XIV Soveshchaniya geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka [Materials of the XIV Meeting of Geographers of Siberia and the Far East]. Vladivostok, Dalnauka, 2011. Pp. 214–217. (in Russian)
-