

2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

- Waelbroeck C., 1993. Climate-soil processes in the presence of permafrost: A systems modelling approach, Ecological Modelling, vol. 6, No. 3–4, pp. 185–225.
- Walton C. C., 1988. Nonlinear multichannel algorithms for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data, J. Appl. Meteorol., vol. 27, pp. 115–124.
- Wilde J. de., 1950. Development embryonnaire et postembryonnaire du Doryphore (*Leptinotarsa*

decehlineata Say) en fonction de la temperature, Frans. 8th Int. Congr. Entomol., Stockholm, 1948, pp. 310–321.

- Zhang T., Barry R. G., Gilichinsky D., Bykhovets S. S., Sorokovikov V. A., and Ye J. P., 2001. An amplified signal of climatic change in soil temperatures during the last century at Irkutsk, Russia, Climatic Change, vol. 49, No. 1–2, pp. 41–76.

2.2. СОСТОЯНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД, ТРАНСПОРТ

Ведущие авторы: Н. В. Кобышева, О. А. Анисимов, Б. Г. Шерстюков
Редактор-рецензент: А. Ф. Яковлев

2.2.1. Тепловой режим зданий и сооружений, характеристики отопительного периода

В связи с увеличением повторяемости оттепелей и заморозков в осенне-зимний и зимне-весенний периоды в ряде регионов (например, на ЕТР и в Приморье) наблюдается ухудшение условий эксплуатации зданий и уменьшение их долговечности. Так, срок эксплуатации панельных зданий сократился в Санкт-Петербурге почти в 2 раза (Кузнецов, Кобышева, 2004).

При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования используются сезонные значения температуры с различной обеспеченностью (СНиП “Отопление, вентиляция, кондиционирование 2.04.05–86”). В холодный период для систем отопления и кондиционирования это 0,5%-ная квантиль, а для вентиляции — 6,0%-ная. Для теплого периода года при проектировании систем кондиционирования используется 98,0%-ная квантиль, для вентиляции 95,0%-ная квантиль.

С 1901 по 2000 г. упомянутые выше квантильные значения температуры для холодного периода увеличились на 0,2–0,4%; в теплый период года квантили температуры изменились только в последнее десятилетие на 1–2°C (Александрова, 2006). Таким образом, возникли предпосылки положительного влияния потепления на потребность в отоплении помещений (потребность уменьшается) и отрицательного влияния на потребность в кондиционировании помещений (потребность возрастает).

Как показывают расчетные оценки, изменение климата оказало практически повсеместное влияние на потребность в отоплении помещений. Потребность в отоплении помещений оценивается двумя основными способами — по продолжительности отопительного периода и по затратам

на поддержание комфортных термических условий в помещениях. Последние косвенно характеризуются либо с помощью индекса потребления топлива, либо с помощью индекса дефицита тепла (см. 2.1.2). Напомним, что в качестве косвенной меры (индекса) дефицита тепла используется сумма абсолютных разностей среднесуточной температуры и 18,3°C — уровня комфорта — за те сутки календарного года, в которые этот уровень не достигается. Регионы России значительно различаются по этим показателям. Пространственное распределение их значений для современных климатических условий приведено на рис. 2.2.1 и 2.2.2 (Instanes et al., 2005; Ефимова и др., 1992).

Б. Г. Шерстюков (2007) приводит оценки изменения продолжительности отопительного периода, полученные на основе современных трендов температуры воздуха. Согласно этим результатам, за последние три десятилетия в большинстве районов России он уменьшился в среднем на 5% (рис. 2.2.3). За этот же период индекс потребления топлива уменьшился в южных регионах России приблизительно на 10%, в остальной части — на 5–8% (рис. 2.2.4).

2.2.2. Механические воздействия на здания и сооружения

В последние годы наблюдается прогрессирующее разрушение зданий, которое частично связано с изменением климата и вообще с недостаточным качественным учетом климатических факторов при их проектировании и эксплуатации.

Раньше особенно разрушительными считались ветровые и гололедно-ветровые нагрузки, которые всегда оказывали большое влияние на работу воздушных линий связи и электропередач. Отложение льда на проводах создает дополнительную весовую нагрузку, увеличивает их парусность и вибрацию, вызывает скручивание. Это может приводить к обрыву проводов, разрушению линий и перерывам в электроснабжении больших районов. Увеличение предельно допустимой гололедной нагрузки требует утяжеления

2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

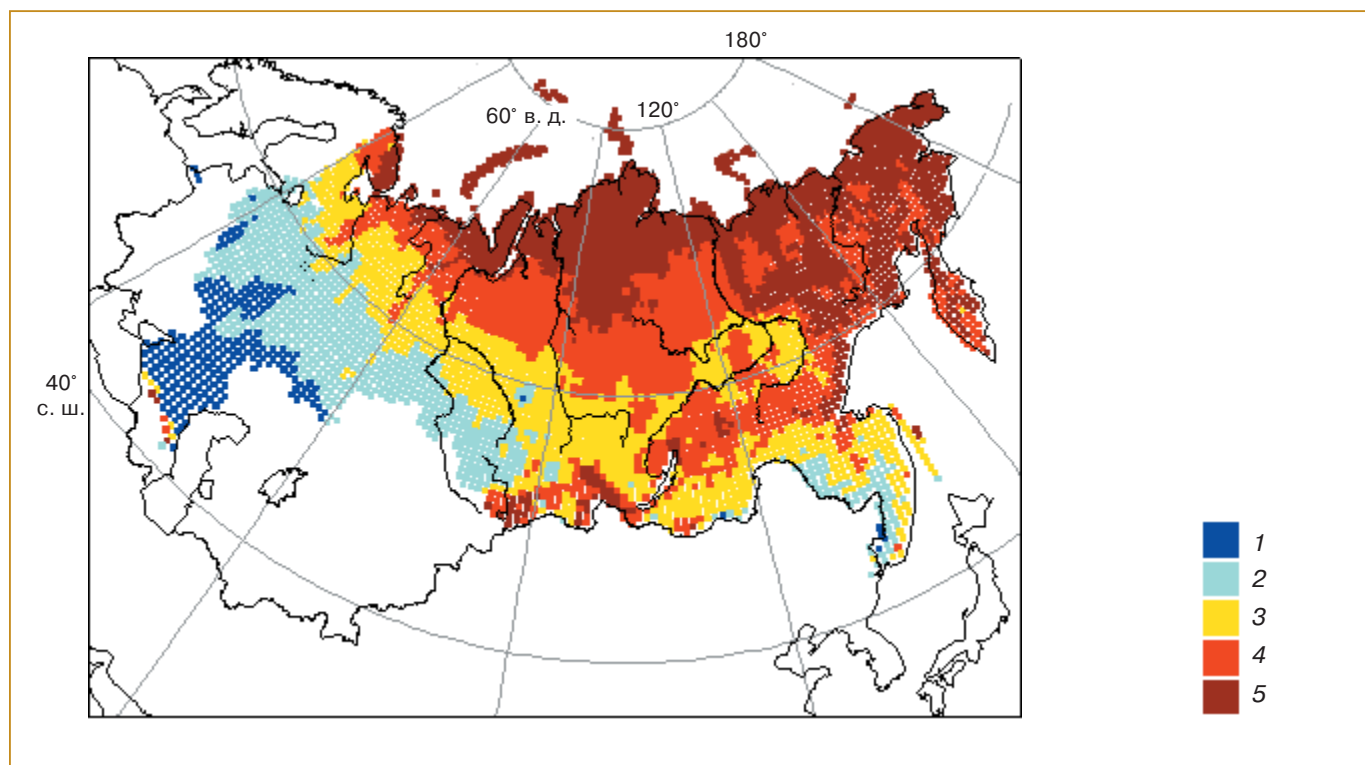


Рис. 2.2.1. Продолжительность отопительного периода для современных климатических условий для территории России (Instanes et al., 2005). 1) 120–210; 2) 210–240; 3) 240–270; 4) 270–300; 5) 300–366 суток.

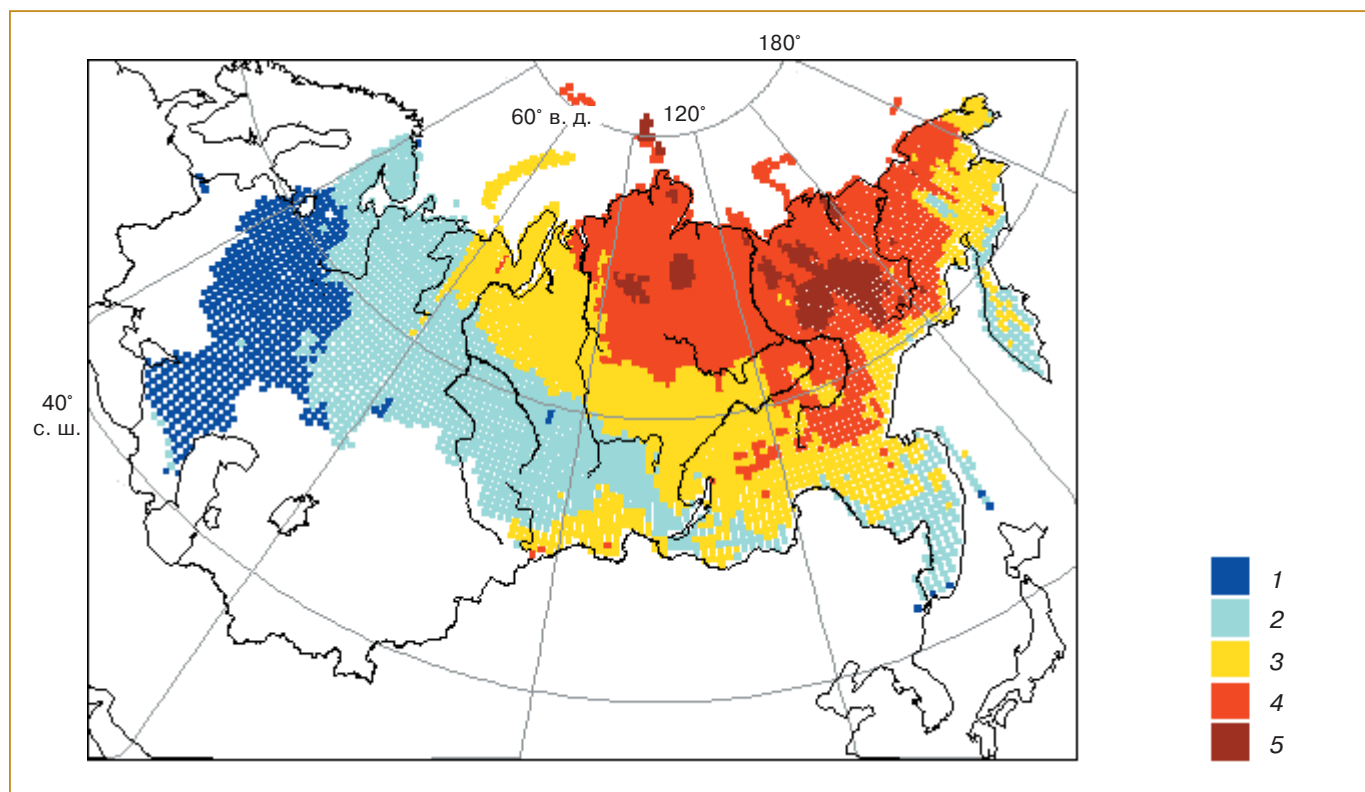


Рис. 2.2.2. Индекс дефицита тепла на территории России; характеризует затраты на отопление для современных климатических условий (Instanes et al., 2005). 1) 500–3000; 2) 3000–5000; 3) 5000–7000; 4) 7000–9000; 5) 9000–11200 °C·сутки.

2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

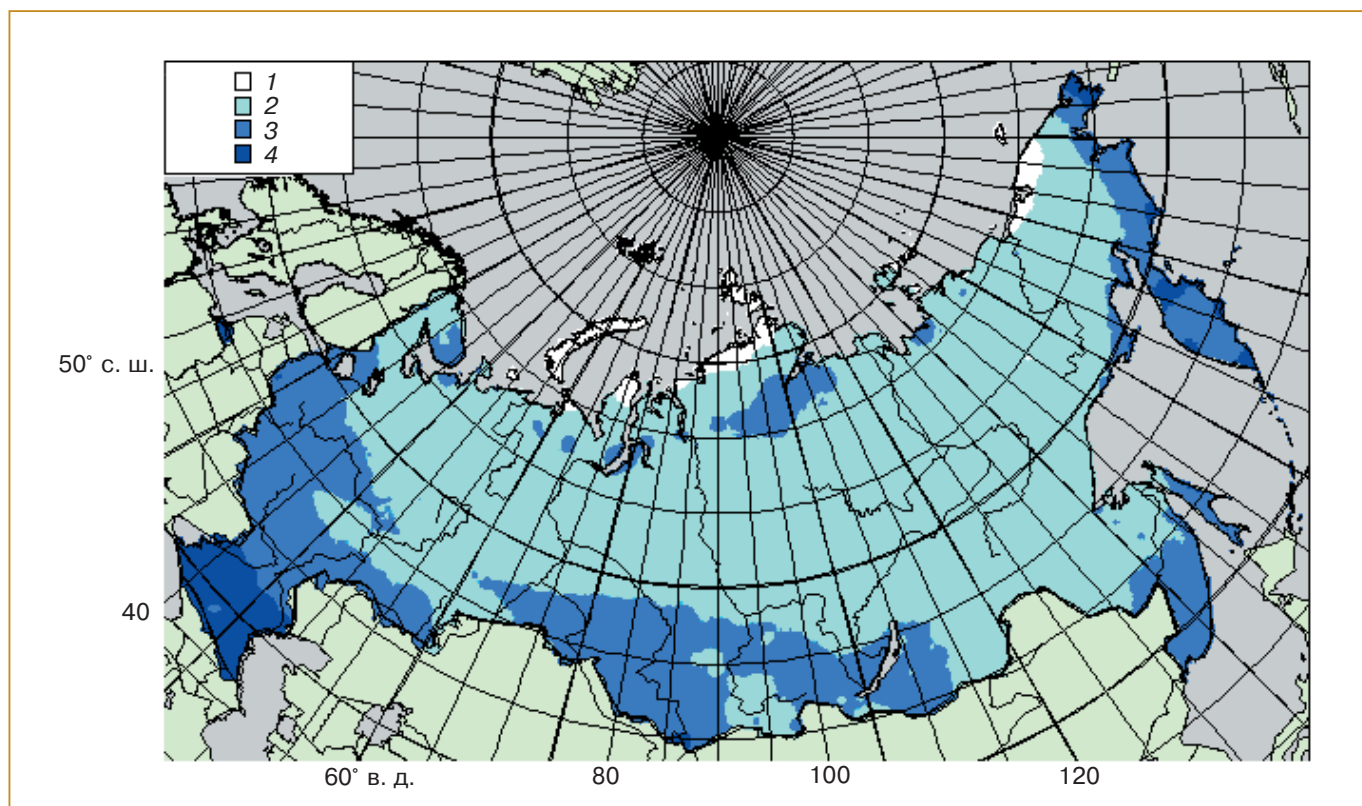


Рис. 2.2.3. Изменения (%) продолжительности отопительного периода за последние три десятилетия, расчет проведен, исходя из рядов значений температуры воздуха (Шерстюков, 2007). 1) 0...–1,9; 2) –2...–3,9; 3) –4...–5,9; 4) –6...–7,9.

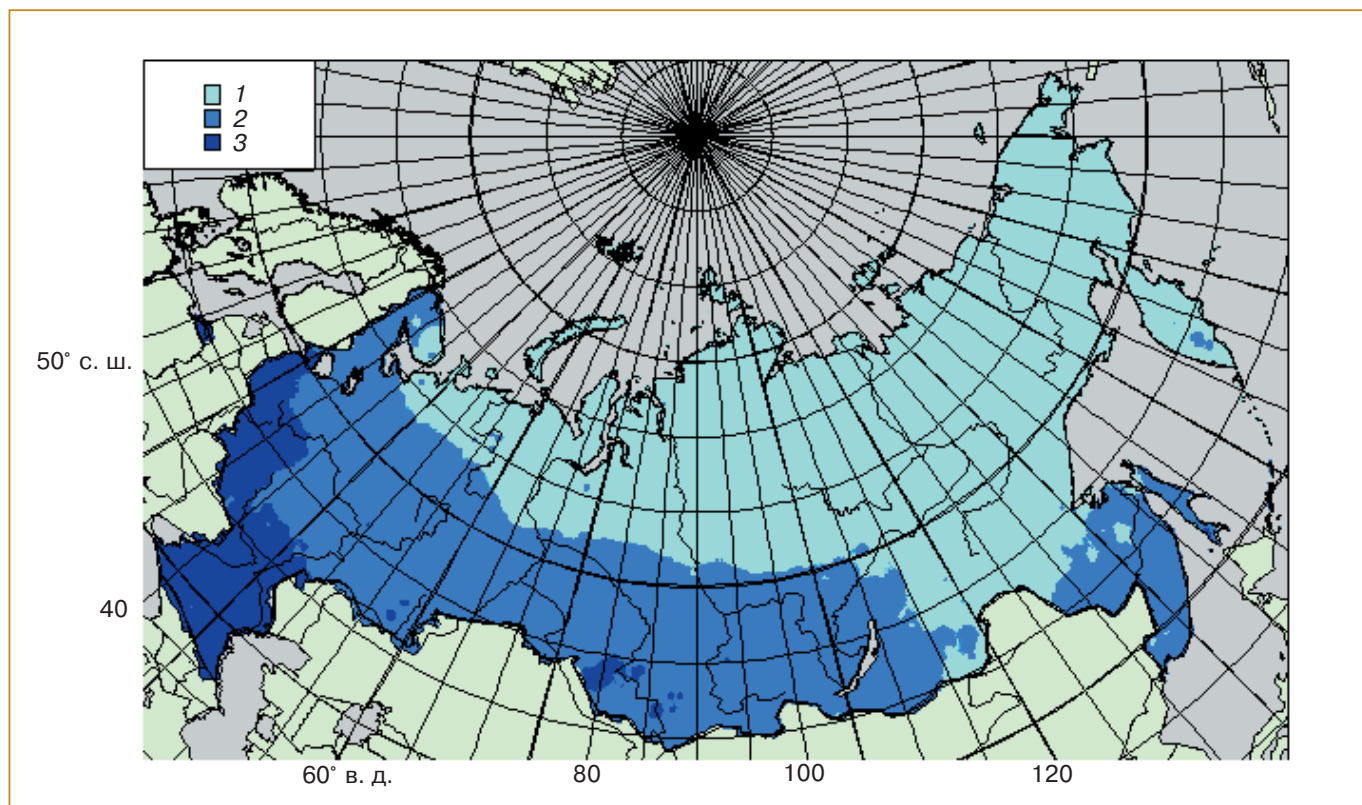


Рис. 2.2.4. Изменение (%) индекса потребления топлива за последние три десятилетия, расчет проведен, исходя из рядов значений температуры воздуха (Шерстюков, 2007). 1) –4...–6; 2) –6...–8; 3) –8...–10.

2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

опор, увеличения их числа на единицу длины. Ветровая нагрузка приводит к “пляске проводов”, появлению “стоячих волн” на проводах, к их обрыву. Особенно большая опасность создается, когда сильные ветры действуют на обледеневшие провода. В последние десятилетия, однако, скорость ветра на большей части территории России в среднем уменьшилась и продолжает уменьшаться, поэтому ветровые нагрузки на здания и сооружения сократились (Мещерская, 2006), и соответственно эта опасность для воздушных линий связи и электропередач снизилась.

В настоящее время в России основной метеорологической причиной разрушения зданий являются снеговые нагрузки, когда масса накапливающегося снега превышает предельную, предусмотренную проектом здания. Снеговая нагрузка определяется весом накопившегося снега в расчете на единицу площади. Значение снеговой нагрузки зависит от комплекса метеорологических факторов: количества осадков, температуры воздуха, скорости ветра. От температурного режима зависят продолжительность морозного периода, во время которого происходит накопление снега, доля твердых осадков, образующих снежный покров, а также повторяемость оттепелей, уменьшающих снегозапасы.

Повышение температуры зимой, характерное для современного потепления, приводит к сокращению морозного периода и уменьшению доли твердых осадков. Так, установлено, что для севера ЕТР увеличение средней годовой температуры воздуха на 1°C приводит к снижению доли твердых осадков на 5–6% (Заварина, 1976). Существуют также определенные зависимости снеговой нагрузки от числа дней с оттепелью и от среднемесячной температуры воздуха на ЕТР (Семенов, 2005). В последнее время в этой части страны число дней с оттепелью увеличивается наиболее быстро в районах с относительно высокими зимними температурами (южные и западные районы).

2.2.3. Сухопутный транспорт

В условиях потепления климата, особенно из-за увеличения температуры зимой и весной, особую группу риска составляют сезонные транспортные коридоры в районах Крайнего Севера России (зимники, замерзшие реки), продолжительность эксплуатации которых уменьшается с повышением зимней и весенней температуры воздуха (Мирвис, 1999; Мирвис, Гусева, 2007).

В связи с произошедшими изменениями климата эксплуатация автомобильных и железных дорог может быть осложнена, во-первых, из-за возрастания количества осадков, особенно жидких и смешанных, и, во-вторых, из-за увеличения частоты

опасных гидрометеорологических явлений, таких как туманы, сильные ливни, снежные лавины, опасные снегопады и метели, песчаные бури. Число опасных для транспорта гидрометеорологических явлений в конце XX — начале XXI века увеличилось на севере страны (Шевкунова и др., 2005). Связано это в основном с увеличением числа смерчей, шквалов и ураганов, несмотря на уменьшение средней скорости ветра. В других районах России заметного увеличения опасных для транспорта гидрометеорологических явлений не произошло.

Наблюдаемая тенденция к увеличению как жидких осадков, так и обильных снегопадов на значительной части территории России (Материалы к стратегическому прогнозу изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияние на отрасли экономики России, 2005) создает опасность размыва некоторых участков автомобильных дорог и железнодорожного полотна.

Участившиеся в последнее время заморозки и оттепели приводят к увеличению повторяемости гололедицы на дорогах (гололед, заснеженное покрытие, “черный лед” и др.).

2.2.4. Состояние зданий и сооружений в районах многолетней мерзлоты

Произошедшие изменения климата могут иметь опасные последствия для состояния технических объектов — зданий и сооружений, размещенных в районах многолетней мерзлоты. Возможны повреждения фундаментов сооружений при уменьшении прочностных свойств многолетнемерзлых грунтов. Многие промышленные и жилые здания, нефтяные вышки, насосные станции и трубопроводы, дороги, мосты, взлетно-посадочные полосы в северных регионах построены на многолетней мерзлоте и рассчитаны на эксплуатацию в определенном диапазоне изменения климатических условий. Изменения параметров природной среды, выходящие за рамки этого диапазона, могут вызвать повреждение объектов инфраструктуры, их частичное или полное разрушение, что может иметь опасные, в том числе катастрофические, последствия.

В Западной Сибири ежегодно происходит около 35 тысяч отказов и аварий на магистральных нефте- и газопроводах, общая протяженность которых в России составляет приблизительно 350 тыс. км (Вартанова, 1998). Около 21% всех аварий вызваны механическими воздействиями, в том числе связанными с потерей устойчивости фундаментов и деформацией опор (Николаев, 1999). Данные, приведенные в табл. 2.2.1, показывают, что многие здания в городах, расположенных в области распространения многолетней мерзлоты,

2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

находятся в настоящее время в опасном состоянии из-за уменьшения прочности и несущей способности фундаментов. Это уже вызывает самые серьезные последствия.

В 1966 г. в Норильске из-за неравномерной просадки мерзлого грунта, обусловленной главным образом нарушением эксплуатационных условий свайного фундамента, обрушился многоэтажный жилой дом; при этом погибли более 20 человек (Nelson et al., 2002). В Якутске с начала 1970-х годов более 300 зданий получили серьезные повреждения в результате просадок мерзлого грунта; по мнению эксперта Института мерзлотоведения СО РАН, в последнее десятилетие изменение климата могло стать основной причиной ослабления фундаментов строений на многолетней мерзлоте — см. информационный раздел газеты “Якутск”, <http://www.yakutia.ru/~resp/n28883/33-5.html>. В период с 1990 по 1999 г. число зданий, получивших повреждения из-за неравномерных просадок фундаментов, увеличилось по сравнению с предшествующим десятилетием на 42% в Норильске, на 61% в Якутске и на 90% в Амдерме (Weller and Lange, 1999).

По имеющимся оценкам (Weller and Lange, 1999), доля стандартных жилых пятиэтажных зданий в Якутске, Воркуте и Тикси (построенных в 1950–1970-х годах), выработавших свой ресурс

прочности, в 1990–2000 гг. существенно возросла. Хотя проблема атрибуции наблюдаемых изменений методологически пока еще не вполне решена, но есть все основания считать, что в этом изменении есть заметный климатический компонент.

Таяние приповерхностного слоя многолетней мерзлоты и увеличение глубины сезонного протаивания сопровождаются значительными изменениями ландшафта с преобладанием депрессивных форм, образующихся в результате развития термокарстовых процессов. Особенно высокой уязвимостью обладают мерзлые грунты с повышенным содержанием солей. В таких грунтах по всей глубине мерзлого слоя наблюдаются линзы разного размера с высокоминерализованной водой, имеющей отрицательную температуру, — криопэги. Рассол в криопэгах находится в термодинамическом равновесии с окружающим мерзлым грунтом, и даже небольшое увеличение температуры грунтов при том, что она остается отрицательной, приводит к нарушению равновесия раствор–лед и развитию деструктивных геоморфологических процессов. Особую опасность криопэги представляют для опор трубопроводов и скважин. Локальное протаивание прилегающего к криопэгу грунта вблизи вертикальной стенки, даже на большой глубине, может привести к распространению рассола вдоль всей конструкции и даль-

Таблица 2.2.1. Уменьшение ресурса фундаментов строений в зависимости от года постройки; по данным Л. Н. Хрусталева, приведенным в работе (Weller and Lange, 1999)

Год постройки	Доля построек, выработавших свой ресурс прочности, %	
	1990	2000
Воркута		
1950	10	18
1960	9	17
1970	7	15
1980	3	12
1990	0	9
Тикси		
1950	9	23
1960	7	20
1970	4	18
1980	2	16
1990	0	14
Якутск		
1950	8	28
1960	6	27
1970	4	25
1980	2	24
1990	0	22

2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

нейшему протаиванию грунта вдоль скважины или опоры. Засоленные грунты широко распространены на морских террасах вдоль Арктического побережья, в частности на п-ове Ямал в районах перспективных нефте- и газовых месторождений, поскольку в периоды океанических трансгрессий прошлых эпох эти территории находились под водой, и происходило накопление солевых осадков (Анисимов, Лавров, 2004).

2.2.5. Литература

- Александрова А. А., 2006.** Климатологическое обеспечение теплового режима зданий на северо-западе Европейской территории России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, СПб, 25 с.
- Анисимов О. А., Лавров С. А., 2004.** Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты: оценка рисков для производственных объектов ТЭК, Технологии ТЭК, № 3, с. 78–83.
- Варганова О. В., 1998.** Методические подходы к оценке надежности и экологической безопасности промысловых трубопроводов, Нефтяное хозяйство, № 11, с. 47–48.
- Ефимова Н. А., Байкова И. М., Лаперье В. С., 1992.** Влияние потепления климата на режим отопления зданий, Метеорология и гидрология, № 12, с. 95–98.
- Заварина М. В., 1976.** Строительная климатология, Л., Гидрометеиздат, 312 с.
- Кузнецов Е. П., Кобышева Н. В., 2004.** Качество теплоснабжения городов, СПб, ПЭИПК, 293 с.
- Мещерская А. В., 2006.** Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным, Метеорология и гидрология, № 9, с. 46–58.
- Мирвис В. М., 1999.** Оценка изменений температуры воздуха на территории России за последнее столетие, в сб.: Современные исследования

- Главной геофизической обсерватории, т. 1, СПб, Гидрометеиздат, с. 220–235.
- Мирвис В. М., Гусева И. П., 2007.** Изменение в режиме оттепелей на территории России, Труды ГГО (в печати).
- Николаев Н. Н., 1999.** Основные причины возникновения аварийных отказов на магистральных трубопроводах, Нефть и газ, Известия вузов, Тюменский государственный университет, № 2, с. 77–81.
- Отопление, вентиляция и кондиционирование. СНиП 2.04.05-86, 1987.** М., Госстрой.
- Семенов Ю. А., 2005.** Нагрузочные климатические ресурсы, в кн.: Энциклопедия климатических ресурсов, СПб, Гидрометеиздат, 319 с.
- Шевкунова Э. И., Пафнурова Ю. А., Исмагилова Д. М., 2005.** Опасные метеорологические явления на пространстве Российской Федерации, в сб.: Климатические ресурсы и методы их представления, Сборник докладов конференции, СПб, Гидрометеиздат, с. 203–208.
- Шерстюков Б. Г., 2007.** Климатические условия отопительного периода в России в XX и XXI веках, Труды ГУ ВНИИГМИ-МЦД, вып. 173, с. 163–170.
- Instanes A., Anisimov O., Brigham L., Goering D., Ladanyi B., Larsen J. O., and Khrustalev L. N., 2005.** Infrastructure: Buildings, support systems, and industrial facilities, in: Arctic Climate Impact Assessment, ACIA, Chapter 16, Cambridge, Cambridge University Press.
- Nelson F. E., Anisimov O. A., and Shiklomanov N. I., 2002.** Climate change and hazard zonation in the circum-Arctic permafrost regions, Natural Hazards, vol. 26, No. 3, pp. 203–225.
- Weller G. and Lange M. (eds.), 1999.** Impacts of Global Climate Change in the Arctic Regions Report from a Workshop on the Impacts of Global Change, Published by Center for Global Change and Arctic System Research, University of Alaska, Fairbanks, Tromse, Norway, 59 p.

2.3. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Ведущий автор: О. Д. Сиротенко

Авторы: Е. В. Абашина, В. Н. Павлова, Е. Н.

Попова

Редактор-рецензент: А. И. Страшная

2.3.1. Вводные замечания

Производство сельскохозяйственной продукции базируется на биопродукционном потенциале природной среды. Климат является важнейшим фактором, его определяющим. До недавнего времени оценки фактического состояния сельского хозяйства, а также перспективные оценки

строились, исходя из постоянства климата. В связи с наблюдаемым беспрецедентно быстрым изменением глобального климата в конце XX — начале XXI века допущение о его постоянстве стало явно нереалистичным. Оно не может более служить основой для принятия решений о развитии аграрного сектора экономики России на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Новый подход, учитывающий фактические и будущие изменения климата, отражен в ряде публикаций, основными из которых являются следующие: Влияние глобальных изменений природной среды и климата..., 1998; Глобальные проявления