

С.В. Бадина

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В КОНТЕКСТЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ¹

В статье приводится оценка внутренней дифференциации муниципальных образований регионов Российской Арктики по размеру потенциальных социально-экономических ущербов от опасных геокриологических процессов. На основе специально разработанной методики выявлены ареалы максимальной пространственной уязвимости населения и его хозяйственной деятельности к природным опасностям, в том числе в связи с обусловленными климатом процессами деградации многолетнемерзлых пород.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, социально-экономические ущербы, муниципальная экономика, основные фонды, многолетняя мерзлота, природный риск, изменение климата

Введение. Согласно современным исследованиям [1-3], ожидаемые глобальные климатические изменения наиболее интенсивно могут проявиться именно в приполярных широтах, т.е. в первую очередь на территориях, относящихся к Арктической зоне (АЗ) РФ. Последствия этих изменений для территориальных природно-хозяйственных систем Арктики велики и, в отличие от многих других наиболее уязвимых к изменению климата регионов мира, способны оказывать значительные обратные воздействия на глобальный климат, что подчеркивает особую значимость климатических изменений в Арктике [4].

Более 65% территории России расположены в пределах многолетней мерзлоты – это грунты, которые остаются при температуре ниже 0°C в течение трех и более лет подряд [5]. Их мощность варьируется от единиц метров в южных ареалах распространения до сотен метров на севере. Температура мерзлоты непостоянна: в верхнем горизонте, который называется сезонным слоем оттаивания, она изменяется в течение года, переходя на положительный диапазон температур в летний период. Глубина сезонного слоя оттаивания зависит в первую очередь от географической широты местности (изменяется в пределах от 0,2-0,3 м на севере до 4-5 м на юге области распространения), абсолютной высоты и специфических локальных условий – состава почв грунта, заторфованности, засоленности, льдистости и влажности грунта, растительности и др. Многолетняя мерзлота влияет не только на все гидрологические, геоморфологические и биологические процессы в Арктике, но и на экономическую деятельность и безопасность проживания человека в северных регионах [6].

В условиях стремительно развивающихся климатических изменений необходима заблаговременная и научно обоснованная адаптация, целью которой должно быть повышение сопротивляемости и устойчивости арктического общества к негативным процессам в окружающей среде [7]. При деградации многолетней мерзлоты они могут быть связаны в первую очередь с проблемами дефицита надежного жилищного фонда и объектов производственной и социальной инфраструктур ввиду стремительной де-

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (научный проект № 20-55-71003 «Быстрые изменения окружающей среды в Арктике: последствия для благополучия населения, устойчивости развития и демографии Арктического региона»).

формации и разрушения зданий и сооружений. Среднедушевые показатели обеспеченности жильем в настоящее время в регионах Арктической зоны в целом *выше среднероссийских* за счет миграционного оттока населения, но ситуация может существенно ухудшаться. Единовременный и массовый вывод из эксплуатации значительной доли жилых домов и основных фондов приведет к быстрому ухудшению социально-экономической ситуации в арктических регионах, поскольку восстановление фондов представляет собой длительный и капиталоемкий процесс.

Проблема прогнозирования социально-экономических ущербов от природных опасностей. В современных отечественных научных исследованиях, посвященных рискам изменения климата [8], зачастую в основном акцентируются проблемы увеличения уровня природной опасности (таяние мерзлоты, активация абразии берегов, расширение ареалов эпизоотий и пр.), в то время как проблеме уязвимости общества уделяется меньшее внимание. По мнению автора, термин «природный риск», понимаемый как сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий природного характера [9], может применяться лишь к хозяйственно освоенной части территории анализируемого региона. Иными словами, природное явление может называться природной опасностью, если оно потенциально представляет угрозу для человека и(или) экономики. Для регионов Российской Арктики в исследованиях природного риска целесообразно исключать из рассмотрения наименее освоенные части пространства. Региональный уровень в целом малоприменим в исследованиях арктических территорий, поскольку некоторые регионы входят в состав АЗ РФ лишь частично (Красноярский край, Республика Саха (Якутия) и др.). Однако ввиду лучшей обеспеченности статистической информацией во многих исследованиях даются обобщения по регионам в целом, хотя требуются выводы применительно только к территориям распространения многолетнемерзлых пород (см., напр., [10]).

Бюджетное финансирование и его размеры на защиту от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также на превентивные адаптационные мероприятия к изменению климата (как на региональном, так и на федеральном уровне) в современных условиях недостаточно обоснованы; в большинстве случаев они не соответствуют потребностям конкретной территории [11]. Проблема осложняется трудностями расчета величины реальных и прогнозируемых экономических потерь от природных опасностей, а также экономической эффективности мероприятий по их предупреждению и ликвидации [12]. Цикличность, свойственная природным системам, непостоянство частоты проявления природных опасностей также вызывают дополнительные сложности планирования с финансированием расходов, связанных с задачей снижения уровня природного риска.

Экономические исследования природного риска, вызываемые проблемой деградации многолетнемерзлых пород, на сегодня находятся на начальном этапе научного изучения, как в концептуальном, так и в методическом аспекте. В первую очередь это связано со сложностью сопоставления экономических и природных процессов и явлений в пространстве (масштабов и сеток территориального деления для сопоставления параметров) и времени (экономические процессы, а соответственно и прогнозы в целом короче природно-климатических).

Рассмотрим подробнее новейшие подходы к экономической оценке риска деградации многолетнемерзлых пород. В [13] предложен метод количественной оценки расходов на продление (замену) жизненного цикла арктической инфраструктуры. В мелком географическом масштабе этого исследования учтены линейная (автодороги, железные дороги и трубопроводы) и точечная (здания, только жилой фонд, аэропорты и порты) инфраструктуры. При этом авторы полностью упускают из внимания основные фонды отраслей экономики (здания и сооружения об-

рабатывающей, добывающей промышленности, энергетики, сферы рыночных и нерыночных услуг, сельского хозяйства и др.). Это упущение существенно, поскольку деградация многолетней мерзлоты создает риски через основные фонды – для функционирования и развития всех видов экономической деятельности, формирующих валовую добавленную стоимость.

Для оценки *жилищного фонда* в России использовалась региональная статистика по следующим показателям: средний размер домохозяйства, количество квадратных метров жилой площади на человека и стоимость квадратного метра. Однако внутрорегиональная дифференциация перечисленных показателей слишком высока (например, на юге и севере Красноярского края). Используя статистические базы по недвижимости для конкретных городов (где сконцентрирована большая часть многоэтажного жилого фонда), можно существенно уточнить ценовые различия.

Авторы прогнозируют, что в России в ареалы деградации мерзлоты попадет около 32% инфраструктуры. При этом упускаются из вида национальные российские строительные нормы и правила, предполагающие, в том числе, проектирование и применение охлаждающих устройств [5], стандарты обслуживания жилых домов и связанные с ними расходы, которые позволяют в ряде случаев свести риски к минимальным значениям. Методически сложно осуществимым также является учет неклиматических факторов, которые оказывают существенное влияние (смягчающее) на инфраструктурную устойчивость: качество технического обслуживания (соблюдение жилищно-коммунальными службами температурного режима вентилируемых подполий), особенности местных институтов, проявляющих внимание к данной проблеме, либо, напротив, не придающих ей должного значения и проч.

В работе [10] в качестве базовых использованы показатели Росстата жилой недвижимости, нежилых коммерческих и социальных объектах (больницы, школы, университеты, аэропорты, вокзалы и т.д.), линейной инфраструктуре (автодороги, железные дороги, трубопроводы, мосты). Также учтены данные о тяжелых машинах и промышленном оборудовании, транспортных средствах. По-видимому, следовало бы ввести, например, их весовые коэффициенты, а не ограничиваться прямым суммированием этих данных с остальными показателями, поскольку хотя в контексте деградации многолетней мерзлоты этот вид фондов менее уязвим, во многих регионах он составляет весьма значительную долю. Использование данных о нематериальных активах, таких как интеллектуальная собственность, также весьма дискуссионно, поскольку с этой категорией в отличие от вышеперечисленных могут быть связаны, скорее, косвенные ущербы, расчет которых требует особого методического решения. Для перехода с регионального уровня на муниципальный авторами [10] вводится весьма смелое допущение о том, что пространственная структура основных фондов в регионе соответствует пространственной структуре населения (пропорциональная зависимость). Но связь не всегда линейна, особенно для Арктики и Дальнего Востока, где невозможно в данном случае игнорировать специализацию и объемы промышленных производств, различающихся совершенно разной фондоемкостью. Данная зависимость характерна, скорее, для территорий с явным и многократным доминированием сферы услуг.

Методика прогнозирования социально-экономических ущербов в ареалах деградации многолетнемерзлых пород и активации опасных геокриологических процессов. Социально-экономическое типологическое районирование предполагает выявление гомогенных пространственно разорванных районов, сходных по одному или группе признаков [14]. В качестве дифференцирующего параметра выбран параметр пространственной уязвимости населения и экономики к геокриологическим опасностям. В районах, где заданный признак окажется наиболее выраженным (наиболее уязвимые

районы), необходимо первоочередное применение адаптационных мер при прочих равных условиях (одинаковом уровне геокриологической опасности).

Оценка потенциальных социально-экономических рисков для территории проведена с использованием следующих *нижеключевых параметров*:

1. *Численность населения и основные фонды* (в том числе наиболее восприимчивая к деградации многолетней мерзлоты их часть – здания и сооружения). Данные параметры характеризуют потенциальные *прямые ущербы*: пострадавшие люди, деформированные или разрушенные здания и сооружения.

2. *Валовое производство*. Отражает потенциальные *косвенные ущербы* – недопроизводство либо, напротив, рост объема производства по отраслям экономики на территориях, где опасные геокриологические явления повлекли прямые ущербы (п. 1).

3. *Пространственные параметры*. Демонстрируют концентрацию социально-экономических показателей и степень освоенности территорий. Чрезвычайно важны для зоны Арктики с характерным для нее очаговым ресурсным типом освоения. Пространственные параметры позволяют исключить из рассмотрения «пустые», наименее хозяйственно освоенные, а соответственно и потенциально наименее опасные части пространства арктических территорий.

4. *Итоговые синтетические показатели плотности и пространственной уязвимости* хозяйственного освоения для территории муниципальных образований. Интегрируют все вышеперечисленные параметры, на их основании составляется рейтинг интегральной уязвимости (вероятности величины потенциальных ущербов) административно-территориальных единиц.

В качестве территориального используется уровень муниципальных образований. На региональном уровне статистически доступны социально-экономические показатели в чрезмерно обобщенном виде, не позволяющем выявить внутреннюю неоднородность их распределения. Существенным недостатком муниципального уровня является недостаточность значимых статистических данных, поэтому была разработана методика их дооценки (в частности – стоимости основных фондов, а также зданий и сооружений и стоимости валового производства по основным видам экономической деятельности). Краткий алгоритм оценки плотности и пространственной уязвимости хозяйственного освоения муниципальных образований регионов АЗ России (усовершенствованный вариант методик расчета, предложенных автором (напр., [15; 16]) включает следующие этапы:

1. Оценка пространственной уязвимости населения (I_p):

$$I_p = kP, \quad (1)$$

где P – численность населения муниципального образования (чел.); k – коэффициент пространственной уязвимости, равный доле освоенной территории в общей площади земель муниципального образования ($k = Se1/St$, где $Se1$ – площадь застроенных земель; St – общая площадь земель муниципального образования).

2. Оценка пространственной уязвимости основных фондов (I_f):

$$I_f = kF, \quad (2)$$

где F – полная учетная стоимость основных фондов муниципального образования (млн. руб.); k – коэффициент пространственной уязвимости.

Дооценка фондов по видам экономической деятельности (согласно ОКВЭД) проведена путем распределения стоимости фондов по региону пропорционально доле каждого муниципального образования в валовом производстве соответствующей отрасли.

Важно понимать, какую часть в общей стоимости основных фондов составляют здания и сооружения как наиболее восприимчивая к опасным геокриологическим процессам составляющая. В общей структуре основных фондов (среднероссийское значение) доля зданий и сооружений составляет 64% (остальная часть приходится

на машины и оборудование, транспортные средства и прочие виды), таким образом, среднеотраслевой понижающий коэффициент равен 0,64. Коэффициенты также были рассчитаны для каждой отрасли: сельское хозяйство – 0,46; добыча топливно-энергетических полезных ископаемых – 0,78; добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических – 0,51; рыболовство – 0,1; обрабатывающие производства – 0,42; производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 0,61; транспорт и связь – 0,61; туризм – 0,31.

Таким образом, для расчета пространственной уязвимости зданий и сооружений формула (2) будет трансформирована следующим образом:

$$I_f = k \sum_1^s F_i n_i, \quad (2.1)$$

где F_i – полная учетная стоимость основных фондов муниципального образования отрасли i (млн. руб.); n_i – коэффициент, характеризующий долю стоимости зданий и сооружений в общей стоимости основных фондов отрасли i ; k – коэффициент пространственной уязвимости; s – количество рассматриваемых отраслей.

3. Оценка пространственной уязвимости валового производства (I_{gp}):

$$I_{gp} = kGP, \quad (3)$$

где GP – объем валового производства муниципального образования (млн. руб.); k – коэффициент пространственной уязвимости, численно равный доле освоенной территории в общей площади земель муниципального образования ($k = (Se1 + Se2)/St$, где $Se1$ – площадь застроенных земель; $Se2$ – площадь земель сельхозугодий (используется, если доля агросектора в структуре экономики региона и потенциальные ущербы для сельского хозяйства достаточно высоки (например, выше среднероссийских значений²)), St – общая площадь земель муниципального образования). На муниципальном уровне Росстатом представлены следующие отрасли, формирующие валовое производство: объем промышленного и сельскохозяйственного производства, оборот розничной торговли. Дооценка остальных значимых видов экономической деятельности (строительства, транспорта и связи, операций с недвижимостью, государственного управления, здравоохранения и образования и др.) проведена на основании распределения регионального значения пропорционально фонду заработной платы работников организаций муниципального образования по соответствующим отраслям. Предварительно подтверждена корреляционная зависимость этих двух переменных. Нормирование трех компонентов индекса проведено методом нелинейной нормировки.

Сумма трех получившихся нормированных показателей (населения – NI_p , зданий и сооружений – NI_f , валового производства – NI_{gp}) дает значение искомого интегрального индекса пространственной уязвимости хозяйственного освоения муниципального образования (SEP_v):

$$SEP_v = NI_p + NI_f + NI_{gp}. \quad (4)$$

Далее составляется рейтинг муниципальных образований по полученным значениям индекса (распределение от максимального к минимальному). На основе графоаналитического метода выделяются границы интервалов индекса, определяется количество типов муниципальных образований.

Индекс плотности хозяйственного освоения муниципальных образований рассчитывается по аналогичному алгоритму.

1. Расчет плотности населения (Pd):

$$Pd = P/Se1 \quad (5)$$

² Не применяется в данном исследовании, поскольку в регионах Российской Арктики в структуре сельскохозяйственных земель преобладают значительные по площади оленьи пастбища, где геокриологические опасности минимальны (за исключением, например, образования воронок газовых выбросов (метана) [17]).

2. Расчет плотности валового производства (GPd):

$$GPd = GP / (Se1 + Se2) \quad (6)$$

3. Расчет плотности основных фондов (Fd):

$$Fd = F / Se1 \quad (7)$$

Расчет плотности зданий и сооружений ($F2d$):

$$F2d = F2 / Se1. \quad (8)$$

Путем сложения трех получившихся нормированных показателей (плотности населения – NPd , зданий и сооружений – $NF2d$, валового производства – $NGPd$) рассчитывается индекс плотности хозяйственного освоения муниципальных образований ($SEPd$):

$$SEPd = NPd + NF2d + NGPd. \quad (9)$$

В результате составляется рейтинг муниципальных образований по полученным значениям расчетов двух индексов. Сопоставление результатов расчета интегральных индексов пространственной уязвимости и плотности хозяйственного освоения с прогнозами геокриологических опасностей (см. напр., [18]) позволяет выделить районы с максимальным уровнем риска.

Апробация методики на муниципальных образованиях регионов Российской Арктики. Как видно из карт-схем (*Приложение*, рис. 1, 2), максимальная интегральная пространственная уязвимость социально-экономического потенциала (по сочетанию двух индексов) характерна для муниципальных образований юго-востока Ямало-Ненецкого АО, крупнейших городов (Мурманск, Архангельск, Норильск, Салехард, Воркута), Ненецкого АО, г. Анадырь с прилегающим к его территории районом.

Сходные пространственные закономерности можно отметить и для наиболее восприимчивых к геокриологическим опасностям элементов социально-экономического потенциала территории – зданий и сооружений (рис. 3). Максимальная плотность зданий и сооружений в стоимостном выражении также характерна для муниципальных образований Ямало-Ненецкого АО (более 900 млн. руб. на единицу застроенной площади в Пуровском районе, более 230 млн. руб. – в Салехарде и Новом Уренгое), Ненецкого АО, Воркуты, Анадыря.

Более детальный кластерный анализ (таблица) позволяет не только выявить типы муниципальных образований с разным уровнем уязвимости хозяйственного освоения, провести на основании этого типологическое районирование, но и определить вклад каждой переменной в получившийся результат (какой фактор в каждом конкретном муниципальном образовании оказался наиболее значимым).

Как видно из таблицы, совокупность рассматриваемых муниципальных образований делится на 6 кластеров. При этом в отдельные кластеры выделяются Пуровский район и г. Мурманск, имеющие на порядок большие значения индексов, чем в других муниципалитетах. Если рассматривать остальные кластеры (1, 2, 5 и 6), то среди них наиболее уязвимым по совокупности показателей является 6-й кластер (его состав: Архангельск, Воркута, Новодвинск, Новый Уренгой, Полярные Зори, Салехард) с максимально интенсивно и плотно хозяйственно освоенной территорией и концентрирующий в себе 29% населения Российской Арктики. Потенциально наименее уязвимым, согласно проведенному анализу, является кластер 2, один из крупнейших по числу входящих в него муниципалитетов, для которых большинство параметров, в том числе средние значения индексов плотности и пространственной уязвимости социально-экономического потенциала, имеют минимальные значения. В состав кластера входят преимущественно наиболее отдаленные периферийные районы с низким уровнем (в основном очагового ресурсного) хозяйственного освоения территории, либо, напротив, с очень высокой среди совокупности рассматриваемых муниципалитетов площадью застроенных земель (например, Кандалакшский район, г. Кировск с характерными

для них крупными промышленными зонами при сравнительно невысоких стоимостных объемах выпускаемой продукции в стоимостном выражении).

Таблица

Численные характеристики кластеров

Показатель	1	2	3	4	5	6
Количество муниципальных образований (МО)	20	17	1	1	8	6
Среднее значение валового производства, млрд. руб.	103	15	284	1012	96	85
Среднее значение плотности валового производства (млн. руб./1 га застроенных земель)	20	2	46	449	60	286
Доля МО кластера в валовом производстве Российской Арктики, % к итогу	42	5	6	21	16	10
Среднее значение стоимости основных фондов, млрд. руб.	327	38	887	3208	239	401
Среднее значение плотности основных фондов, млн. руб./1 га застроенных земель	60	5	145	1423	131	230
Доля МО кластера в объеме основных фондов Российской Арктики, % к итогу	42	4	6	21	12	15
Среднее значение численности населения, тыс. чел.	29	15	295	52	55	109
Среднее значение плотности населения (чел./1 га застроенных земель)	10	3	48	23	24	49
Доля МО кластера в численности населения АЗР, % к итогу	26	11	13	2	19	29
Среднее значение индекса пространственной уязвимости социально-экономического потенциала	5,5	4,7	13,8	1098,8	8,7	15,9
Среднее значение индекса плотности социально-экономического потенциала	5,5	5,2	981,2	5,2	9,5	215

Источник: рассчитано автором.

На примере данного кластера хорошо проявляется специфика предложенной методики, заключающаяся в том, что уязвимость зависит не только от абсолютного объема потенциала, но и от особенностей его распределения по территории. Таким образом, в один кластер возможно попадание совершенно разных по уровню социально-экономического развития муниципальных образований с различными вариантами комбинации входных параметров, обеспечивающих в итоге низкую уязвимость их потенциала в пространстве.

Предметом адаптационной деятельности при использовании индексов плотности и пространственной уязвимости социально-экономического потенциала, а также их частных значимых компонентов – зданий, сооружений и валового производства (*Приложение*, рис. 3-4) на региональном уровне является идентификация временного приоритета территорий, требующих первоочередной разработки адаптационных программ на локальном уровне, который определяется прогнозом коренного преобразования состояния многолетней мерзлоты.

По сочетанию показателей максимальной плотности и пространственной уязвимости социально-экономического потенциала, данных о стоимости зданий и сооружений, с одной стороны, и показателей прогнозных геокриологических опасностей – с другой, возможно выделение зон максимального риска, требующих первоочередных мер.

Заключение. При оценке риска для территории недостаточно прогноза геокриологических опасностей, поскольку они представляют угрозу лишь в местах присутствия человека и его хозяйственной активности. Поэтому в целях снижения негативных последствий геокриологических опасностей для общества и экономики конкретного региона первоочередно важным является понимание уровня накопленного социально-экономического потенциала и особенностей его пространственного распределения. Результаты данных прогнозов могут быть применимы не только органами государственной власти разных уровней, но и представителями крупного бизнеса, ведущими хозяйственную деятельность и имеющими социальную ответственность в регионах криолитозоны.

Например, деятельность такой крупной компании, как ПАО «Газпром», и его дочерних компаний неразрывно связана с населением и экономикой административно-территориальных образований, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой сырья и конечной продукции. Комплекс долгосрочных социально-экономических соглашений с регионами присутствия компании, а также другие частные документы (например, программа «Родные города» и проч.) предполагают расходы на эксплуатацию зданий и сооружений, финансирование Газпромом строительства объектов социальной, энергетической, коммунальной, дорожной, спортивной инфраструктуры, жилья, прочих значимых объектов капитального строительства, способствующих развитию регионов, городской среды, повышению качества жизни и др. Важным приоритетом компании в регионах присутствия является социальная и экологическая ответственность перед местными сообществами.

Реализация этих программ связана с большими (в рамках сопоставления с региональными и местными бюджетами) инвестициями со стороны Газпрома. В связи с этим в контексте адаптационных программ локального уровня для Газпрома и его дочерних компаний чрезвычайно важно понимание не только меняющихся условий мерзлоты, но и социально-экономического потенциала, подвергающегося опасности (какая доля населения и основных фондов окажутся в ареалах максимальной деградации многолетней мерзлоты в средне- и долгосрочной перспективе). Иными словами, методы адаптации зависят не только от начальных мерзлотных (природные параметры), но и социально-экономических (общественные параметры) характеристик рассматриваемой территории.

Что касается региональных и муниципальных властей, то мировой опыт таких стран, как Норвегия, Германия, Финляндия и др., указывает на то, что именно этим территориальным уровням должно отдаваться предпочтение в области создания и реализации программ адаптации к последствиям изменения климата, что также требует достоверных прогнозов уязвимости.

Большинство экономических подходов, в том числе и предложенный в данной статье, заключается в оценке стоимости зданий и сооружений, которые попадут в ареалы максимальной опасности. Это необходимо на начальных этапах исследования для понимания того, какие фонды и в каком объеме подвержены риску. При этом в контексте концепции уязвимости зачастую упускается из внимания внутренний потенциал противостояния рассматриваемых объектов (основных фондов и инфраструктуры) геокриологическим опасностям, что также требует количественной оценки при создании прогноза. Например, существуют разнообразные меры инженерной защиты (установка охлаждающих устройств (термосифонов) [5]), стандарты обслуживания жилых домов, которые позволяют существенным образом изменить картину риска, понизив его уровень с минимальными удельными издержками. В этом автор видит направления дальнейшей работы по данной проблематике.

Литература

1. *Социально-экономическое развитие российской Арктики в контексте глобальных изменений климата. Монография / Под ред. акад. Б.Н. Порфирьева. М.: Научный консалтинг, 2017. 282 с.*
2. *Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. Российская Арктика: логика и парадоксы перемен // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6. С. 4-21.*
3. *AMAP, 2017. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2017. 269 pp.*
4. *Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. Государственное управление развитием Арктической зоны Российской Федерации: задачи, проблемы, решения. Монография / Науч. ред. акад. В.В. Ивантер. М.: Научный консультант, 2016. 194 с.*
5. *СП 25.13330.2012 Свод правил основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Soil bases and foundations on permafrost soils. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 ОКС 93.020. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 622 и введен в действие с 1 января 2013 г.*

6. Shiklomanov N.I., Streletskiy D.A., Grebenets V.I., Luis S. *Conquering the permafrost: urban infrastructure development in Norilsk, Russia* // *Polar Geography*. 2017. P. 1-18.
7. Осипов В.И., Аксиутин О.Е., Ишков А.Г. и др. *Адаптация – важнейшая технология освоения субарктических территорий России* // *Вестник Российской академии наук*. 2019. Т. 89. № 1. С. 56-63.
8. Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. *Новая теория освоения (пространства) Арктики и Севера: полимасштабный междисциплинарный синтез* // «Арктика и Север» – междисциплинарный электронный научный журнал. 2018. № 31(2-2018). С. 5-27.
9. Порфирьев Б.Н. *Природа и экономика: риски взаимодействия. (Эколого-экономические очерки)* / Под ред. акад. РАН В.В. Ивантера. М.: Анкил, 2011. 352 с.
10. Streletskiy D.A., Suter L.J., Shiklomanov N.I., Porfiriev B.N., Eliseev D.O. *Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost* // *Environmental Research Letters*. 2019. № 14(2). P. 1-15.
11. Бадина С.В. *Экономико-географические аспекты управления природными рисками в России* // *Общественная география в меняющемся мире: фундаментальные и прикладные исследования: материалы международного науч. конф. в рамках X ежегод. науч. Ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов. 17-22 сентября 2019 г., Казань. 2019. С. 473-476.*
12. Авдоткин В.П., Дзыбов М.М., Самсонов К.П. *Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Монография; МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012. 468 с.*
13. Shiklomanov N., Streletskiy D., Suter L. *Assessment of the cost of climate change impacts on critical infrastructure in the circumpolar Arctic* // *Polar Geography*. 2019. № 42. P. 267-286.
14. Файбусович Э.Л., Герасименко Т.И. *Регионалистика. Оренбург: Изд. Оренбургского гос. ун-та. 2010. 94 с.*
15. Бабурин В.Л., Бадина С.В. *Оценка социально-экономического потенциала территории, подверженной неблагоприятным и опасным природным явлениям* // *Вестник Московского университета. Сер. 5: География*. 2015. № 5. С. 9-16.
16. Badina S. *Socio-economic potential of municipalities in the context of natural risk (case study – Southern Siberian regions)* // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 190. P. 1-7.
17. Власов А.Н., Волков-Богородский Д.Б., Сергеев Д.О., Станюковская Ю.В., Хименков А.Н. *Газовые выбросы в криолитозоне как новый вид геокриологических опасностей* // *Геориск*. 2017. № 3. С. 58-65.
18. Anisimov O., Streletskiy D., Vasiliev A. *Permafrost degradation* // *Snow and ice-related hazards, risks, and disasters*. 2014. P. 303-344.

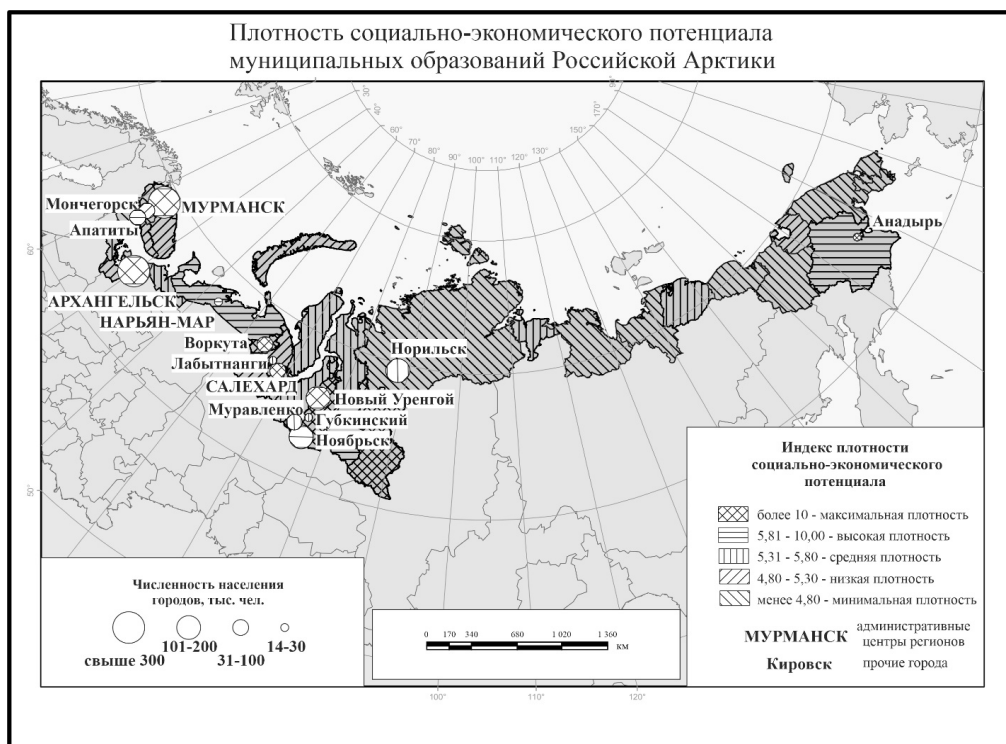


Рис. 1. Карта-схема плотности социально-экономического потенциала

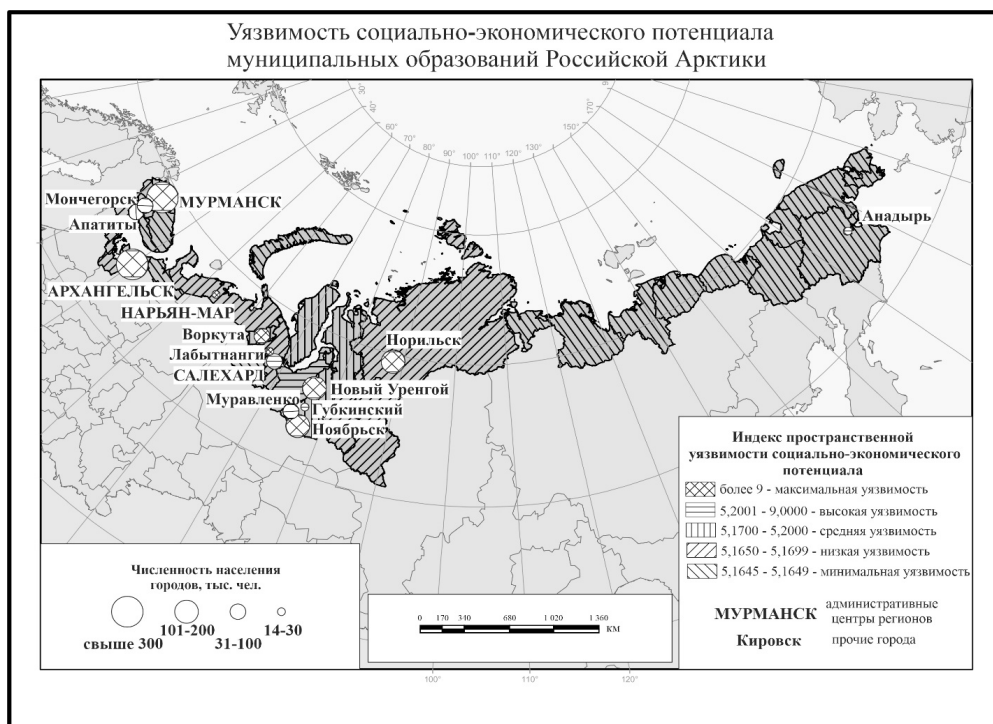


Рис. 2. Карта-схема уязвимости социально-экономического потенциала

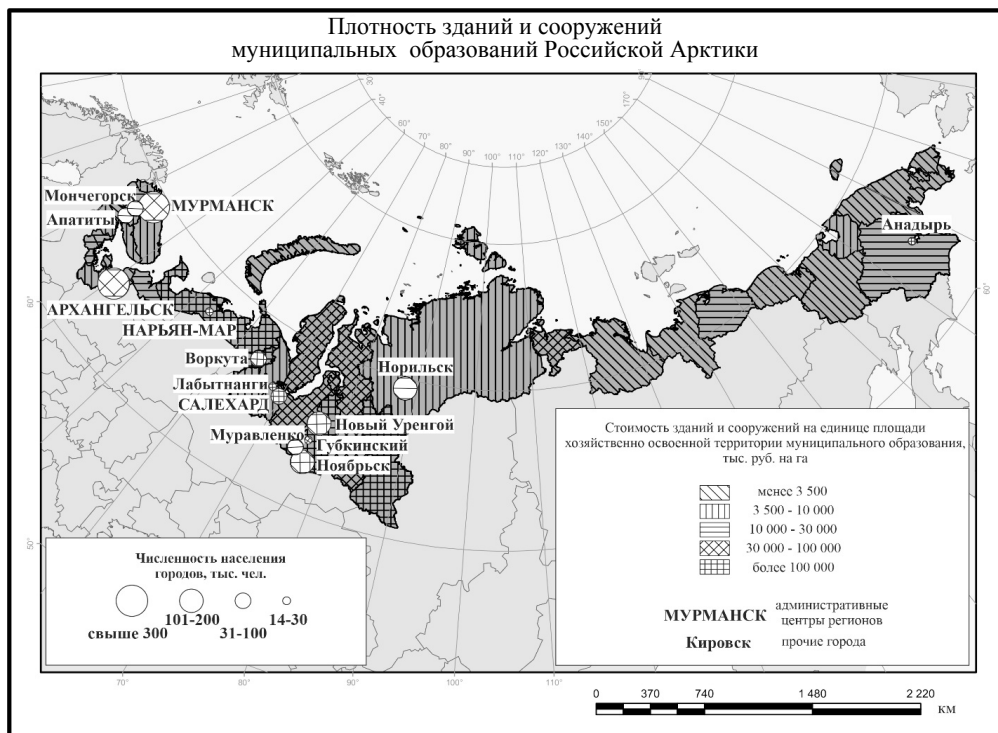


Рис. 3. Карта-схема плотности зданий и сооружений



Рис. 4. Карта-схема плотности валового производства